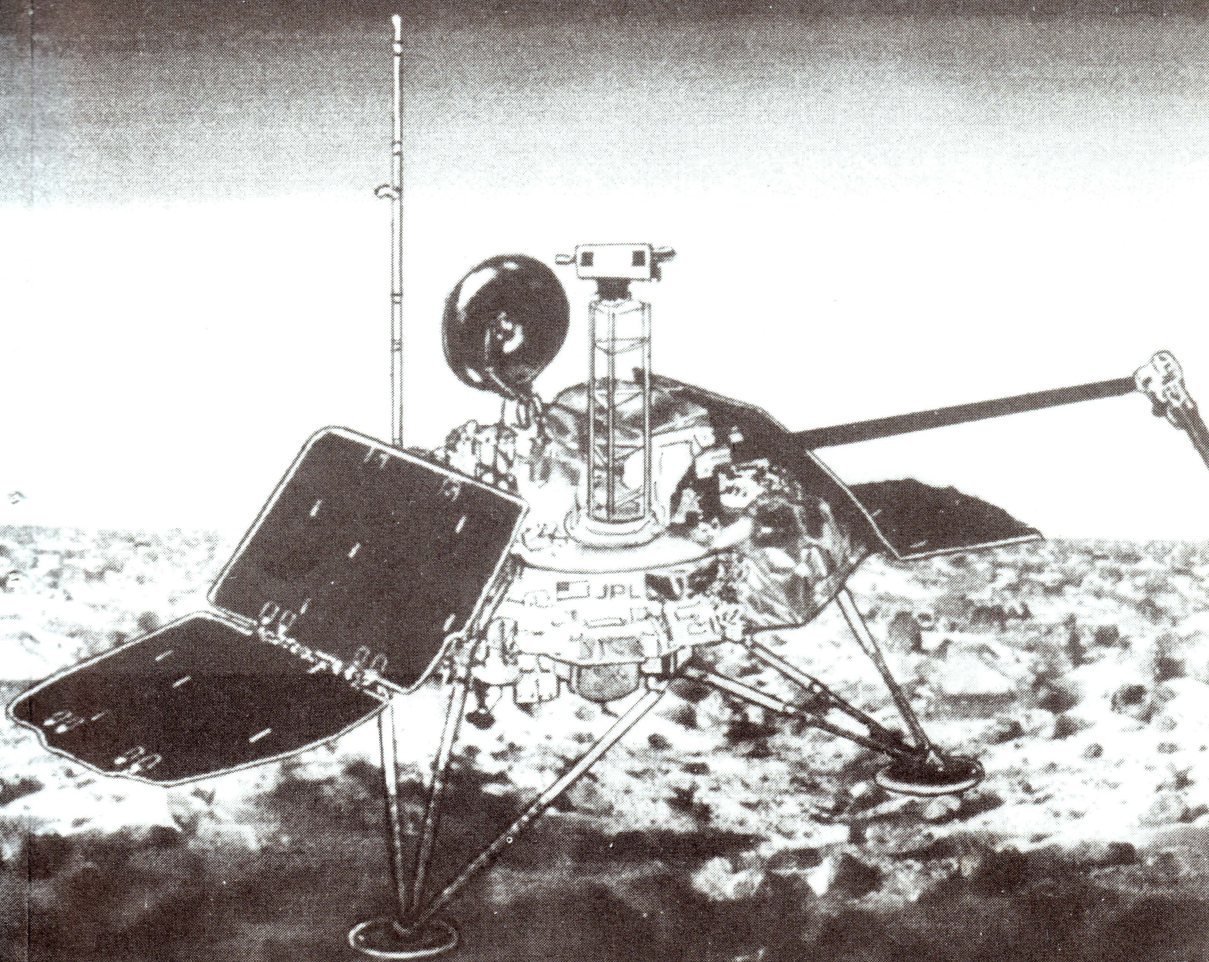
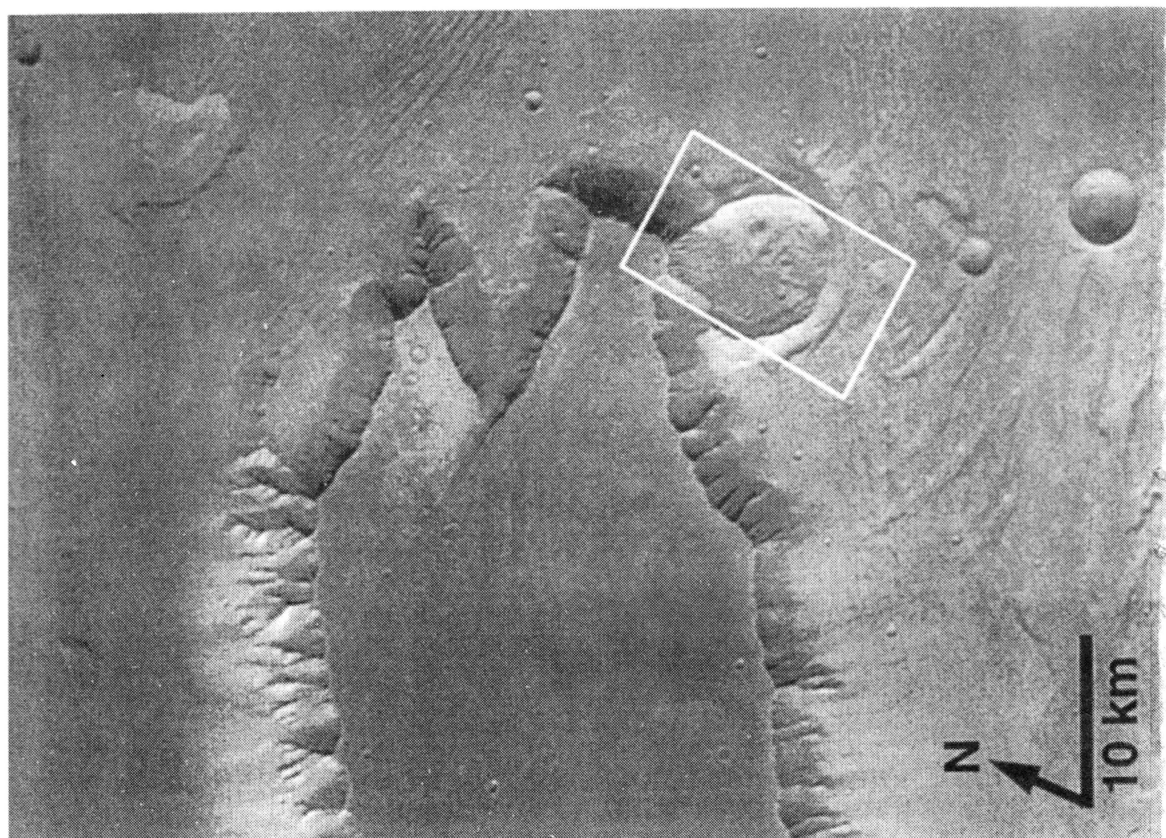
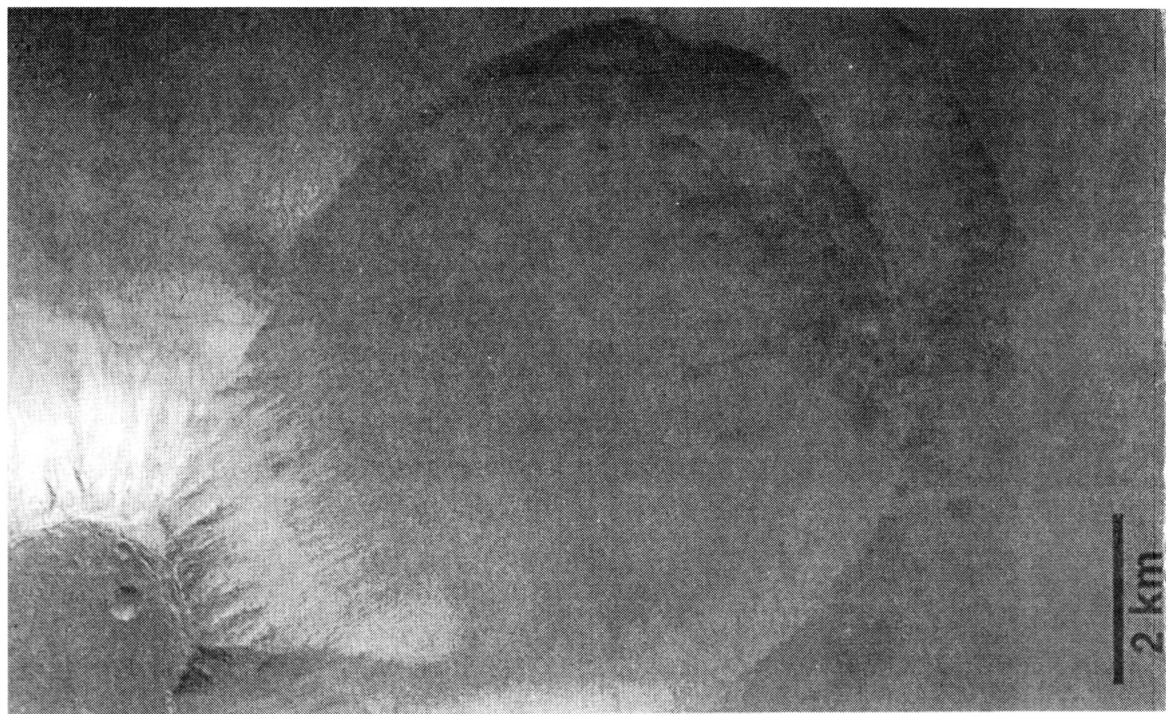


ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАЙ-ИЮНЬ 3/99

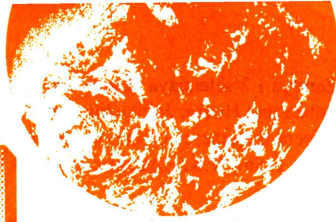




Научно-популярный журнал
Российской академии наук
и Астрономо-геодезического
общества
Издается с января
1965 года
Выходит 6 раз в год
Академиздатцентр "Наука"
Москва

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

3/99



Новости науки и другая информация: Недостающее звено в образовании планет [15]; Астрономия в инфракрасных лучах [16]; Планета в двойной звездной системе [17]; Сомнений в глобальном потеплении больше нет [25]; Деньги за комету [37]; Новые книги [47, 61, 95]; Радио- и рентгеновские пульсары [50]; Юкатанский метеорит вызвал биосферную катастрофу [54]; Самое далекое скопление галактик [55]; Сувенирные фрагменты радиотелескопа [73]; Европа борется с "парниковым" эффектом [83]; Больше света + большее поле = больше информации [84]; Аналог раннего диска Солнечной системы [85]; Солнце в декабре 1998 г. – январе 1999 г. [96]

В номере:

К 275-летию Российской академии наук

- 3 ФРИДМАН А.М., ХОРУЖИЙ О.В. Гигантские антициклоны в галактиках
18 НИКОЛАЕВ А.В. Как управлять землетрясениями?
26 ЧЕРЕПАШУК А.М. Черные дыры и звезды Вольфа-Райе

ЭКОЛОГИЯ

- 38 КАРПАЧЕВСКИЙ Л.О. Почвенный покров Земли – фундамент биосферы

ЛЮДИ НАУКИ

- 45 Памяти Виктора Викторовича Соболева

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 48 ПОПОВ С.Б. Коллоквиум по проблеме гамма-всплесков

В АКАДЕМИИ КОСМОНАВТИКИ ИМ. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

- 51 МЕЩЕРЯКОВ И.В., СЕНКЕВИЧ В.П. Новый этап деятельности Академии космонавтики

ИЗ НОВОСТЕЙ РОССИЙСКОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 56 ЛЫНДИН В.И. Полет станции "Мир" продолжается (2-е полугодие 1998 г.)

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 62 ГЕРАСЮТИН С.А. Полеты автоматических межпланетных станций

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 74 Небесный календарь: июль–август 1999 г.
78 КИМ И.С. Последнее полное солнечное затмение тысячелетия

ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 86 ЧЕПУРОВА В.М., СЕМЕНОВА С.Л. Спутники больших планет



© Академиздатцентр "Наука"
Российская академия наук
журнал "Земля и Вселенная" № 3, 1999 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per. 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan.

На стр. 1 обложки: Посадочный аппарат американской АМС "Марс по-уле лэндэр" проводит исследования на поверхности Марса. Рисунок NASA (к ст. С.А. Герасютина)

На стр. 2 обложки: Участки поверхности Марса, имеющие разрешение 10 км (а) и 2 км (б), снятые космическим аппаратом "Марс глоубэл сервейер" 12 октября 1998 г. Фото NASA (к ст. С.А. Герасютина)

На стр. 3 обложки: Сухая степь с бурными почвами. Устье реки Урал. Аэрофотоснимок В.В. Низовцева (к ст. Л.О. Карпачевского)

На стр. 4 обложки: Спиральная галактика NGC 253 типа Sc, видимая с ребра, находящаяся в созвездии Скульптора на расстоянии 8 млн св. лет. Снимок получен на 2,2-м телескопе Европейской Южной обсерватории. Изображение синтезировано наложением пяти экспозиций в синем цвете по 5 мин каждая

In this issue:

ON THE 275-ANNIVERSARY OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

- 3 FRIDMAN A.M., KHORYZHII O.V. Huge anticyclones in galaxies
- 18 NIKOLAEV A.V. How to operate earthquakes?
- 26 TCHSEREPASHYK A.M. Black holes and Wolf-Raine's star

ECOLOGY

- 38 KARPATHEVSKII L.O. Soil cover of the Earth – biosphere's foundation

PEOPLE OF SCIENCE

- 45 To the Memory of Victor Victorovitch Sobolev

SYMPOSIUMS, CONFERENCES, CONGRESSES

- 48 POPOV S.B. Colloquium on a problem of gamma bursts

IN ASTRONAUTICS ACADEMY NAMED AFTER K.E. TSYOLKOVSKY

- 51 MESHERYAKOV I.V., SENKEVITSH V.P. A new stage of activity of Astronautics academy

FROM NEWS OF RUSSIAN ASTRONAUTICS

- 56 LYNDIN V.I. The flight of "Mir" station proceeds (second half-year 1998)

FROM NEWS OF FOREIGN ASTRONAUTICS

- 62 GERASYTIN S.A. Flights of automatic interplanetary stations

AMATEUR ASTRONOMY

- 74 Sky calendar: July–August 1999
- 78 KIM I.S. Last total eclipse of the Sun of an epoch

CURIOUS'S FILE

- 86 TSHEPYROVA V.M., SEMENOVA S.L. Satellites of large planets

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик РАН В.М. КОТЛЯКОВ

Зам. главного редактора академик РАН Е.П. ЛЕВИТАН

доктор географ. наук А.А. АКСЕНОВ, академик РАН А.А. БОЯРЧУК, доктор психол. наук Ю.Н. ГЛАЗКОВ, доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук И.А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО, доктор физ.-мат. наук И.Н. МИНИН, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ, доктор физ.-мат. наук Г.Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, академик РАН В.В. СОБОЛЕВ, Н.Н. СПАССКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ, доктор физ.-мат. наук Г.М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

К 275-летию Российской академии наук

Гигантские антициклоны в галактиках

А.М. ФРИДМАН,
член-корреспондент РАН

О.В. ХОРУЖИЙ,
кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН

Спиральный узор галактик – это волны плотности в их дисках. Для проверки



СПИРАЛЬНАЯ ГАЛАКТИКА
НА ЛАБОРАТОРНОМ СТОЛЕ

В 1983 г. в Курчатовском научном центре в группе профессора М.В. Незлина была создана небольшая настольная установка “Спираль” для моделирования **процесса генерации спиральных**

возможности генерации волн гидродинамической неустойчивостью, возникающей из-за резкого падения скорости вращения на некотором расстоянии от центра галактики, были проведены лабораторные эксперименты. Результат не только подтвердил правильность теории, но и предсказал новое явление – антициклонические вихри в галактиках. Настоячивые поиски гигант-

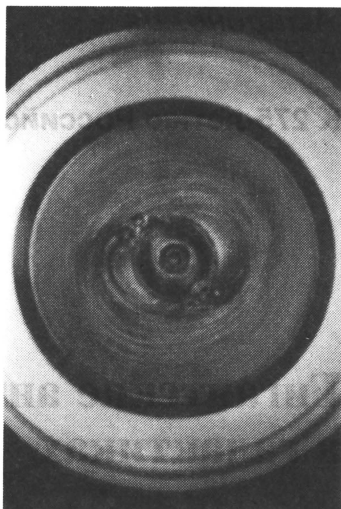
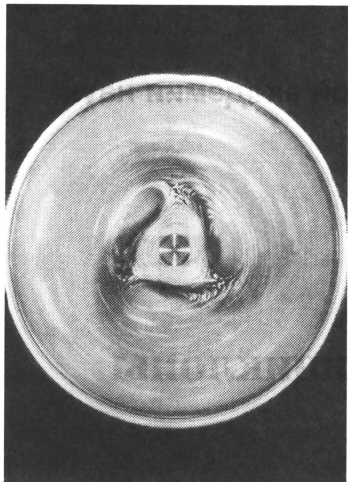
рукавов галактик. Вращающаяся на установке “мелкая вода”, как и газовый диск спиральных галактик, описывается уравнениями двумерной газодинамики. Это и послужило отправной идеей для моделирования.

На установке предстояло проверить возмож-

ских антициклонов в нашей и других галактиках увенчались успехом.



ность генерации спиральных волн плотности как следствия **гидродинамической неустойчивости**, возникающей при скачках скорости вращения галактик. Согласно данным В.Л. Афанасьева и его коллег, существенные скачки скорости вращения в дисках наблюдают-



Антициклоны между спиральными волнами плотности на мелкой воде установки "Спираль". Количество вихрей равно числу спиральных рукавов: а — трехрукавная спираль, б — двухрукавная спираль.

антициклонов между спиральными рукавами, естественно, вызвало предположение, что аналогичные вихри существуют в спиральных галактиках.

ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИЦИКЛОНОВ В ГАЛАКТИКЕ Mrk 1040

ся примерно в половине галактик. В свою очередь, численные расчеты П.В. Баева и А.М. Фридмана показали, что гидродинамическая неустойчивость в газовых дисках с подобными скачками может оказаться сильнее гравитационной и послужить причиной образования спиральных рукавов. Такая точка зрения на природу их возникновения, высказанная одним из авторов этой статьи (А.М.Ф.) в 1972 г., отличалась от общепринятой "гравитационной" теории, связывающей генерацию спиральных рукавов с силами самогравитации.

Прежде всего на установке "Спираль" была проверена справедливость основных положений гидродинамической теории спиральной структуры. Для этого на ней был смоделирован скачок скорости вращения, аналогичный наблюдаемому в галактиках. Результаты этого модельного эксперимента на "мелкой воде" не только под-

твердили правильность гидродинамической теории, но и привели к неожиданным и оригинальным решениям некоторых вопросов, связанных с такими особенностями спиральной структуры, как "ветвление" рукавов и редко наблюдаемые "лидирующие" спирали. Они дали и нечто принципиально новое: между спиральными рукавами на "мелкой воде" были обнаружены **антициклонические вихри**.

Количественное совпадение результатов экспериментов и предсказаний теории, экспериментальное подтверждение чисто астрономических гипотез о происхождении ветвлений и лидирующих спиралей — все это свидетельствовало, что вращающийся слой мелкой воды на установке "Спираль" успешно моделирует динамические процессы и структуры в газовых дисках спиральных галактик. Поэтому появление на поверхности мелкой воды

Зададим вопрос: каким условиям должна удовлетворять спиральная галактика — первый кандидат на обнаружение вихрей?

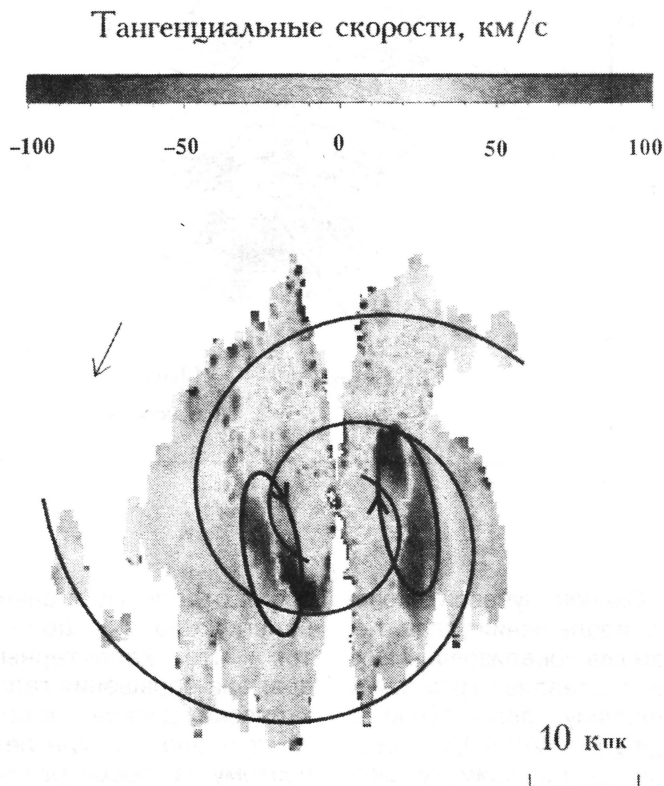
Центры антициклонов, наблюдавшихся в эксперименте, находятся на скачке скорости, а структуры — спирали и вихри — вызваны гидродинамической неустойчивостью. Поэтому следовало найти спиральную галактику с большим скачком скорости вращения. Тогда можно предполагать, что ее спиральная структура, по всей вероятности, вызвана гидродинамической неустойчивостью. Кроме того, галактика должна быть "удачно ориентирована" в пространстве по отношению к наблюдателю. Поясним, что это значит.

Антициклоны, которые мы хотим обнаружить, характеризуются наличием замкнутых линий тока в плоскости галактического диска с центрами на **радиусе коротации**. Там скорость вращения диска относительно спиральных

Карта остаточных тангенциальных скоростей галактики Mrk 1040. $V_{\text{тан}} \approx (V_{\text{obs}} - V_s)/(\cos \varphi \sin i) - V_{\text{rot}}$, где V_{obs} — скорость вдоль луча зрения, V_s — системная скорость движения галактики, V_{rot} — скорость вращения, полученная в модели чисто кругового движения, V_φ — азимутальная скорость, φ — азимутальный угол, отсчитываемый от линии узлов (на рисунке — горизонталь), i — угол наклона диска галактики. Антициклоны обозначены сплошной замкнутой кривой в форме эллипсов со стрелками. Их центры расположены сравнительно недалеко от линии узлов.

рукавов равна нулю. Отлична от нуля только возмущенная скорость газовых облаков, вызванная той самой неустойчивостью, которая образовала спиральные волны плотности и вихри. (Возмущенная скорость — разность между реальной скоростью объекта галактического диска и скоростью вращения диска.) Если бы мы смогли измерить возмущенную азимутальную скорость, то в двухрукавной галактике мы бы обнаружили на коротационной окружности симметрично по обе стороны от центра галактики две точки, с внутренней и внешней стороны от которых возмущенные азимутальные скорости имеют противоположные направления. (Возмущенная азимутальная скорость — компонент возмущенной скорости, направленный перпендикулярно галактическому радиусу.)

Наблюдая внешние галактики, мы в состоянии измерить только одну компоненту скорости, лежащую на прямой, соединяющей облако с телескопом —

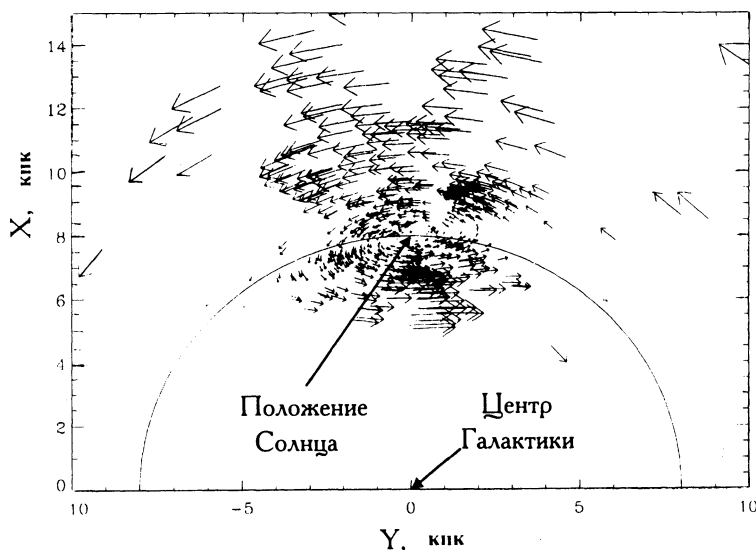


лучевую скорость. В общем случае, кроме азимутальной скорости, в лучевую скорость вносят вклад еще две компоненты: радиальная и вдоль оси вращения. Однако, если бы газовый галактический диск был ориентирован так, что азимутальные возмущенные скорости в окрестности центров вихрей оказались направленными вдоль луча зрения, а радиальная и осевая — перпендикулярно к нему, то они не повлияли бы на измеренную лучевую скорость.

Вклад осевой компоненты скорости отсутствует, если мы наблюдаем диск практически с ребра (при этом угол наклона галактик $i = \pi/2$). Вклад радиальной скорости в

области центров вихрей отсутствует, если центры вихрей лежат на линии узлов — видимой большой оси галактики.

Этим условиям ориентации по отношению к наземному наблюдателю удовлетворяет галактика Mrk 1040 (Маркарян 1040), имеющая аномально большой и резкий скачок скорости вращения. Угол наклона плоскости этой галактики к лучу зрения составляет $\approx 73^\circ$, что только на 17° отличается от вида с ребра, а центры антициклонов, видимых в поле возмущенных скоростей галактики, расположены недалеко от линии узлов. (Такой же угол наклона к лучу зрения у галактики M31 — Туманности Андромеды.)



Модельное поле скоростей в солнечной окрестности, полученное по движению ионизованного газа и молодых звезд. Показано поле скоростей в системе отсчета, вращающейся с угловой скоростью, равной средней угловой скорости вращения звезд вблизи Солнца. Это поле скоростей имеет форму антициклона, центр которого лежит в солнечной окрестности.

Скачок лучевой скорости вдоль линии узлов, т.е. там где локализованы вихри, составляет громадную величину – более 150 км/с, при этом $\Delta V/V > 0,6$. Усредненная по азимуту скорость вращения имеет скачок $\Delta V/V \approx 0,3$. Радиальный градиент скорости также аномально велик: $d(\ln V)/d(\ln R) \approx -3,1$, что соответствует очень сильной гидродинамической неустойчивости.

ВИХРИ В СОЛНЕЧНОЙ ОКРЕСТНОСТИ

Как уже говорилось, для выявления галактических антициклонов необходимо найти поле скоростей в системе координат, вращающейся вместе со спиральным узором. В эксперименте на установке “Спираль” скорость вращения спиральных рукавов можно непосредственно измерить. Для реальных же галактик определение этой скорости представляет

собой отдельную и очень нелегкую задачу. Дело в том, что характерные времена обращения галактических дисков составляют около 100 млн лет, поэтому за любое разумное время наблюдений невозможно зафиксировать величину смещения спиральных рукавов.

Задача определения скорости вращения спирального узора эквивалентна нахождению **радиуса коротации**, т.е. расстояния от центра галактики, где угловые скорости вращения галактического диска и спиралей равны друг другу. Если спиральная волна образуется в результате неустойчивости, вызванной скачком скорости, радиус коротации совпадает с положением скачка. Аномально резкий скачок на кривой вращения в галактике Mkr 1040 и заведомое выполнение условий гидродинамической неустойчивости снимали вопрос о положении радиуса

коротации в этой галактике и облегчали выявление в ней гигантских антициклонов. Для большинства же галактик вопрос о положении радиуса коротации остается открытым. Неудивительно поэтому, что следующей в списке кандидатов на обнаружение вихревых структур стала наша Галактика, для которой вопрос о положении радиуса коротации изучен достаточно хорошо.

Радиус коротации в ней определяется по **градиенту возраста звезд**. Звездообразование происходит главным образом в спиральных рукавах, в связи с чем там наблюдается повышенная концентрация скоплений молодых, только что родившихся звезд. Поскольку угловая скорость вращения газового диска вокруг центра Галактики падает с удалением от центра, а спиральный узор вращается как единое целое с постоянной угловой ско-

ростью, область диска внутри коротационной окружности обгоняет спиральные рукава, а вне ее — отстает от них. Звезды обладают "памятью" о газовом диске, из которого они образовались (сохраняют скорость своей области диска). Поэтому, если расстояние от центра Галактики меньше радиуса коротации, спиральный рукав отстает от звезд, а при большем — обгоняет. Таким образом, по мере старения звезды удаляются от спиральных рукавов в противоположных направлениях по разные стороны от коротационной окружности.

Именно такой градиент возраста звезд обнаружен в окрестностях Солнца, что указывает на положение радиуса коротации недалеко от орбиты Солнца вокруг центра Галактики. Недавние исследования поля лучевых скоростей цефеид в солнечной окрестности также показали, что в этой области азимутальная скорость спирального узора в Галактике совпадает со скоростью вращения диска. Таким образом, разные способы исследования приводят к единому выводу о том, что Солнце находится вблизи радиуса коротации.

Помимо этого, наблюдаемая кривая вращения газового диска Галактики имеет депрессию как раз в окрестности солнечной орбиты. На основании этих двух фактов один из авторов статьи (А.М.Ф.) высказал предположение, что именно в окрестности галактической орбиты Солнца должны на-

ходиться центры гигантских антициклонов. Гипотеза была проверена на основании информации о лучевых скоростях 316 молекулярных облаков, 256 классических цефеид и 106 молодых открытых скоплений. Детальные исследования полученных данных показали, что имеются систематические отклонения скоростей от модели чисто кругового движения, которые коррелируют с наблюдаемыми спиральными структурами.

СПИРАЛЬНО-ВИХРЕВАЯ СТРУКТУРА В ГАЛАКТИКАХ

Обнаружение предсказанных ранее антициклонов в газовом диске Mkr 1040 и в солнечной окрестности нашей Галактики было вполне закономерным. В обоих случаях на наблюдаемой кривой вращения газового диска выделяется область резкого падения (депрессии) на некотором радиусе. Это указывает либо на наличие скачка на реальной кривой вращения, либо на существование заметных локальных отклонений от кругового движения. Именно первый случай моделировался на установке "Спираль".

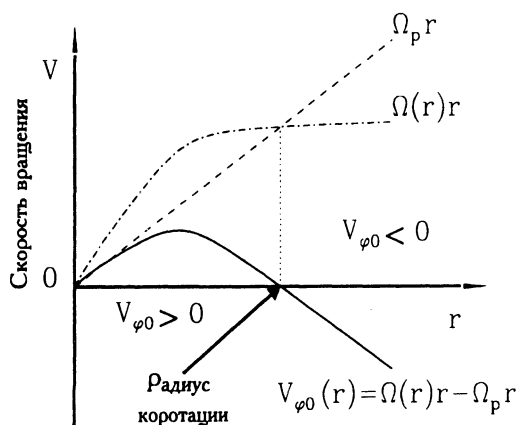
Однако, как известно, галактика Mkr 1040 демонстрирует аномально большой скачок скорости, а в случае нашей Галактики скудность статистических данных приводит к величине ошибок, не дающих возможности ссылаться на существование здесь антициклона как на строго доказанный факт. Поэтому

обнаруженные антициклоны могли бы считаться особыми структурами, присущими лишь некоторым специфическим галактикам с резкими скачками скорости вращения, а не являющимися непременным атрибутом любой спиральной галактики с волновой природой спиралей.

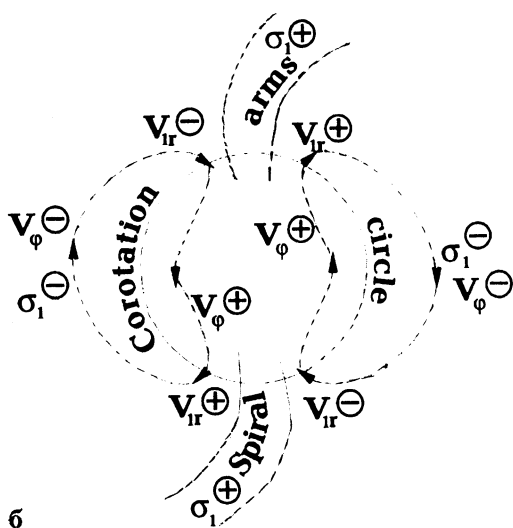
Простое качественное рассуждение показывает, что это не так. Газовые вихри — неотъемлемая принадлежность спиральных волн плотности вне зависимости от природы действующих в диске сил: самогравитации, гидродинамических; либо приливных, вызванных, например, баром или спутником галактики.

Предположим, что в результате какого-либо коллективного механизма (неустойчивости) в диске галактики возникают возмущения скоростей и плотности. Пока амплитуды возмущений малы, их рост описывается линейной теорией неустойчивости. Тогда все возмущенные величины можно легко выразить через одну, т.е. они пропорциональны друг другу. При этом поле возмущенных скоростей диска устроено так, что создает в одних местах сгущения в виде спиральных рукавов плотности, а в других — спиральные области пониженной плотности.

При дальнейшем росте амплитуды возмущенных величин плотность газа в спиральных рукавах может вырасти в несколько раз, сформировав нелинейную волну плотности, которую мы видим как



а



б

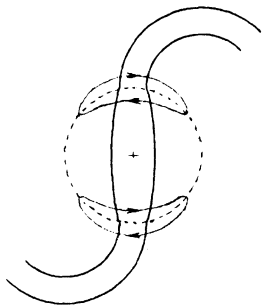
спиральный рукав. Однако из наблюдений следует, что величины возмущенных скоростей в обоих дисках – газовом и звездном – оказываются значительно меньше скорости вращения. Рост возмущений приводит к стабилизации неустойчивости, и спиральная волна становится квазистационарной. Особенности поля скоростей, вызванных такой волной, удобнее всего исследовать в

системе отсчета, вращающейся с угловой скоростью спирального узора Ω_p . Эта система координат замечательна прежде всего тем, что в ней спиральные рукава оказываются неподвижными, т.е. возмущенная поверхностная плотность диска $\tilde{\sigma}$ и связанные с ней линейные соотношения компоненты возмущенной скорости $\tilde{V}$ могут быть записаны как функции, не зависящие от времени.

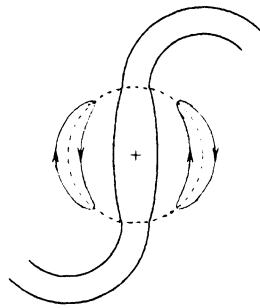
а – Переход из инерциальной системы координат в неинерциальную, вращающуюся с угловой скоростью спирального узора Ω_p . Штрих-пунктирной линией показана невозмущенная азимутальная скорость в диске галактики в инерциальной системе координат $\Omega(r)r$, непрерывной линией – азимутальная скорость в неинерциальной системе координат $V_{\varphi 0}$. На радиусе коротации $V_{\varphi 0}$ обращается в нуль.

б – Схематично показано расположение двух антициклонов вблизи радиуса коротации в системе координат, вращающейся с угловой скоростью двухрукавного спирального узора. Знак возмущенной плотности σ меняется на каждом радиусе вдоль азимутального угла четыре раза (на рукавах – знак плюс, между рукавами – знак минус). Поэтому радиальная скорость V_r меняет свой знак также четыре раза. В результате этого, скорости вблизи коротационного радиуса имеют форму двух антициклонов.

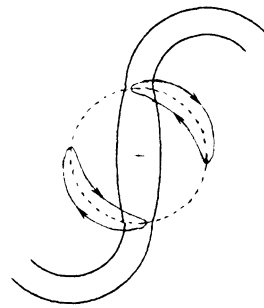
Поскольку диск галактики вращается дифференциально, его внутренняя часть (до радиуса коротации) будет вращаться быстрее, чем спиральный узор, а внешняя, наоборот, – медленнее. Наблюдатель, находящийся на радиусе коротации R_c , будет видеть, что азимутальные скорости диска по обе стороны от окружности коротации направлены в противоположные стороны. Для определенности ограничимся случаем двухрукавной галактики. При каждом значении радиуса возмущенная поверхностная плотность $\tilde{\sigma}(\varphi)$ четырежды (удвоенное число спиральных ветвей) меняет свой знак с изменением азимутального угла. Соответственно, радиальная ско-



а)



б)



в)

рость V_r также четырежды меняет знак. В результате вблизи от коротации, где величина полной азимутальной скорости невелика, возникают замкнутые линии тока – вихри. Поскольку газ в них движется в направлении, противоположном направлению вращения диска, они являются антициклонами.

Следует подчеркнуть, что эти антициклоны нельзя рассматривать как математическую особенность принятой модели вращения, в которой положение замкнутых траекторий полностью определяется заданием угловой скорости системы отсчета. В области коротации межзвездный газ в своем движении не пересекает спиральных ветвей, поэтому его потоки (при условии малой дисперсии скоростей по сравнению со скоростью вращения) обречены постоянно оставаться там либо в окрестности определенной спиральной ветви, либо между ветвями. Наличие вихревых движений в области коротации – физическая особенность галактик.

Таким образом, во всем диске малые возмущенные

скорости выполняют свою роль, собирая вещество в ярко светящиеся рукава, но сами никак не проявляются, будучи “задавленными” большой круговой скоростью диска. Только на радиусе коротации, где круговая скорость газа относительно спирали мала, возмущенные скорости проявляются в виде гигантских антициклонов. Это наглядно демонстрирует, что спирали и вихри суть разные проявления единого коллективного механизма, название которого – волны плотности.

Описанная выше качественная картина формирования антициклонов в дисках галактик основана только на одном предположении – о волновой природе спиральной структуры. Поэтому вихревые структуры должны быть универсальным атрибутом спиральных галактик вне зависимости от состава диска (газ или звезды) и механизма генерации волны плотности.

ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРОВ СТАЦИОНАРНЫХ ВИХРЕЙ

Итак, **гигантские антициклонические вихри** –

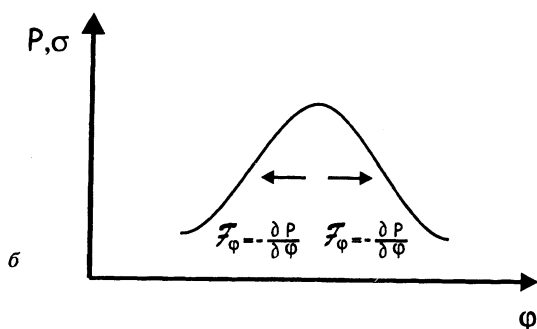
Схематическая картина расположения вихрей относительно спиральных рукавов в двухрукавной волне плотности: а – вихри на спиралях, б – между ними, в – промежуточное положение вихрей. Если момент вращения диска в области коротации растет с радиусом, то случай а соответствует преобладанию сил давления, случай б – сил самогравитации, а случай в реализуется, если в области коротации существенную роль играют приливные силы. Тонкие сплошные линии со стрелками показывают движение частиц в вихрях, толстые сплошные линии – линии одинаковой поверхностной плотности в спиральных рукавах.

полноправная составляющая крупномасштабной структуры спиральных галактик. Однако интерес к ним вызван не только фактом их существования, но и той уникальной информацией, которую можно получить из анализа этих структур. Замечательное свойство гигантских антициклонов – зависимость положения их центров (относительно спиральных рукавов) от механизма образования волновых структур.

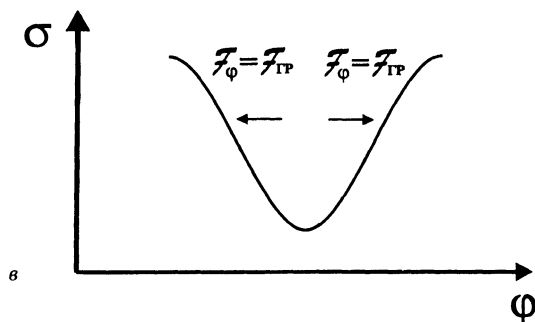
Причину такой зависимости легко понять уже из общих соображений. Дей-



а



б



в

ствительно, существование стационарных некруговых движений требует определенного баланса сил. На распределение последних оказывает существенное влияние распределение плотности – спиральный узор, а также, какие силы – самогравитации или давления, – преобладают.

Чтобы понять общие закономерности, задающие азимутальное положение вихрей относительно спиральных рукавов, рассмотрим участки,

где газ движется строго радиально. Распределение удельного (на единицу массы) углового момента, определяемого в нулевом приближении скоростью вращения диска ($M = \Omega R^2$), неоднородно по радиусу. В результате смещение газовой частицы вдоль радиуса требует изменения ее момента, т.е. азимутальные силы, действующие на частицу, должны ее “подкручивать” или наоборот “притормаживать” в зависимости от того, движет-

Направление азимутальных сил F_ϕ , действующих на частицы в вихре в случае роста углового момента с радиусом. а) Если радиальная скорость V_r направлена к центру, азимутальная сила F_ϕ должна “притормаживать” частицу, т.е. она противоположна направлению вращения. Если же радиальная скорость направлена от центра, азимутальная сила должна “подкручивать” частицу. б) Если в диске превалируют силы гидродинамического давления (P), указанное направление азимутальных сил достигается при расположении центра вихря в максимуме давления и поверхностной плотности диска. в) Если же в диске превалируют силы самогравитации ($F_{\text{гг}}$), то центр вихря располагается в минимуме поверхностной плотности.

ся она в сторону увеличения или уменьшения момента вращения диска.

Азимутальная сила, действующая на частицу газа, определяется угловыми составляющими градиентов давления и гравитационного потенциала, вызванных волной плотности, а также, возможно, внешней приливной силой, влияющей на газ при наличии у галактики спутника или сильного бара.

Если преобладают силы давления, то баланс сил, необходимый для стационарного существования антициклонического вихря, будет достигаться при расположении его центра в максимуме возмущенного давления. Также закономерность хорошо известна в метеорологии: с антициклонами в земной атмосфере связаны области повышенного давления, а с циклонами – пониженного. Поскольку

положение максимума давления в спиральной волне совпадает с положением максимума плотности, то этот вихрь окажется на спиральном рукаве.

Если плотность газа на некотором участке диска возрастет, его остальные части будут испытывать дополнительное гравитационное притяжение к этому участку, т.е. возмущенная гравитационная сила направлена в сторону увеличения плотности. Следовательно, в случае преобладания сил самогравитации центры антициклонов должны располагаться в минимуме плотности, т.е. между спиральными рукавами. Если же в области коротации существенное влияние оказывают внешние приливные силы, центры антициклонов не совпадают ни с максимумом, ни с минимумом плотности.

При убывании удельного момента вращения в области коротации с удалением от центра $dM/dR < 0$ (это возможно при очень резком падении угловой скорости вращения) направление азимутальной силы, необходимой для стационарного существования антиклона, меняется на противоположное по сравнению с описанным выше. Соответственно обратным будет и расположение центров вихрей относительно спиральных рукавов.

Имеющиеся к настоящему времени сведения о закономерностях проявления галактических антициклонов полностью согласуются с результа-

Расположение центра вихря относительно спиральных рукавов в зависимости от направления роста удельного углового момента диска dM/dR и от природы преобладающих сил

Доминирующая сила	Месторасположение центра вихря	
	$dM/dR > 0$	$dM/dR < 0$
Градиент давления	на спирали	между спиралями
Самогравитация	между спиралями	на спирали
Внешняя гравитационная	центр вихря может быть смещен относительно экстремума плотности	

тами проведенного выше анализа. Лабораторное моделирование на "мелкой воде" проводилось для случая, когда в области радиуса коротации наблюдалось резкое падение скорости вращения, что соответствует убыванию с радиусом углового момента. Вихревые структуры здесь наблюдались между спиралями. Численное моделирование показало, что и в газовых галактических дисках с кривыми вращения, имеющими резкий скачок угловой скорости, вихревые структуры находятся между спиральными рукавами плотности. Именно между спиралями были обнаружены антициклоны в галактике Mkr 1040. А численное моделирование гидродинамической неустойчивости, приводящей к генерации спиральных волн в дисках с достаточно плавными кривыми вращения, показало, что в этом случае вихревые структуры возбуждались одновременно со спи-

ральными рукавами и располагались на них.

Задача о замкнутых бананоподобных траекториях звезд в гравитационном поле спиральной волны, соответствующих вихревым структурам в звездном диске, была рассмотрена Дж. Контопулосом. Он пришел к выводу, что при малых амплитудах спирального гравитационного потенциала в дисках, момент которых растет с радиусом, вихревые структуры должны находиться между спиралями. Таким образом, положение вихрей в звездных и газовых самогравитирующих дисках совпадает.

Естественно возникает вопрос: если вихревые структуры существуют во всех спиральных галактиках и их обнаружение дает столь ценную информацию о динамических свойствах галактики, то почему мы знаем так мало объектов, где существование таких структур уже выявлено из наблюдений? Причина проста — вихревые структуры тру-

дно обнаружить. Необходимо решить комплекс задач как чисто наблюдательных, так и связанных с методами обработки полученных данных. В частности, нужно определить радиус коротации спирального узора.

Если спиральная структура обязана своим проявлением гидродинамической неустойчивости на скачке скорости, то положение радиуса коротации совпадает с положением скачка. Однако при гладкой кривой вращения галактики радиус коротации не может быть найден независимо. Для его определения и обнаружения гигантских антициклонов требуется восстановить поле полного (трехкомпонентного) вектора скорости в газовом диске галактики.

КАК ВОССТАНОВИТЬ ТРИ КОМПОНЕНТА СКОРОСТИ?

Проблема восстановления полного вектора скорости возникает потому, что для далеких объектов мы можем напрямую определять только скорость вдоль луча зрения по доплеровскому смещению спектральных линий. Для восстановления всех трех компонент скорости нужна модель.

Исследования полей скоростей спиральных галактик показали, что возмущенные скорости в спиральных рукавах значительно меньше круговых. Это позволило применить для их анализа линейную теорию. В соответствии с ней в дисках галактик должны возникать волны плотности. Для исследо-

вания возмущений эффективным оказался **Фурье-анализ поля лучевой скорости**.

$$V_{\text{луч}} = a_0 + \sum (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi)$$

Здесь φ – галактоцентрический азимутальный угол.

Доказано, что разные компоненты скорости дают вклады в различные Фурье-гармоники наблюдаемой лучевой скорости. Идея восстановления поля полного вектора скорости проста: определить из наблюдений лучевые скорости во многих точках изображения галактики, а затем вычислить коэффициенты Фурье (a_k , b_k) поля лучевой скорости. Далее, используя элементарные алгебраические соотношения, найти все три компоненты скорости газа в галактике. (В рамках той же теории оказывается, что фазовые соотношения между различными компонентами скорости скачком меняют свой характер в области коротации. Поэтому восстановление всех трех компонент скорости автоматически решает проблему определения радиуса коротации спирального узора.)

Азимутальные Фурье-гармоники наблюдаемой лучевой скорости связаны с различными составляющими скорости газа в галактике следующим образом:

системная скорость галактики, как единого объекта, дает вклад в нулевую гармонику наблюдаемой скорости;

скорость чисто кругового движения – в коэффициент при косинусе первой гармоники;

радиальные и азимутальные компоненты скорости вносят вклад в гармоники $(m - 1)$ и $(m + 1)$;

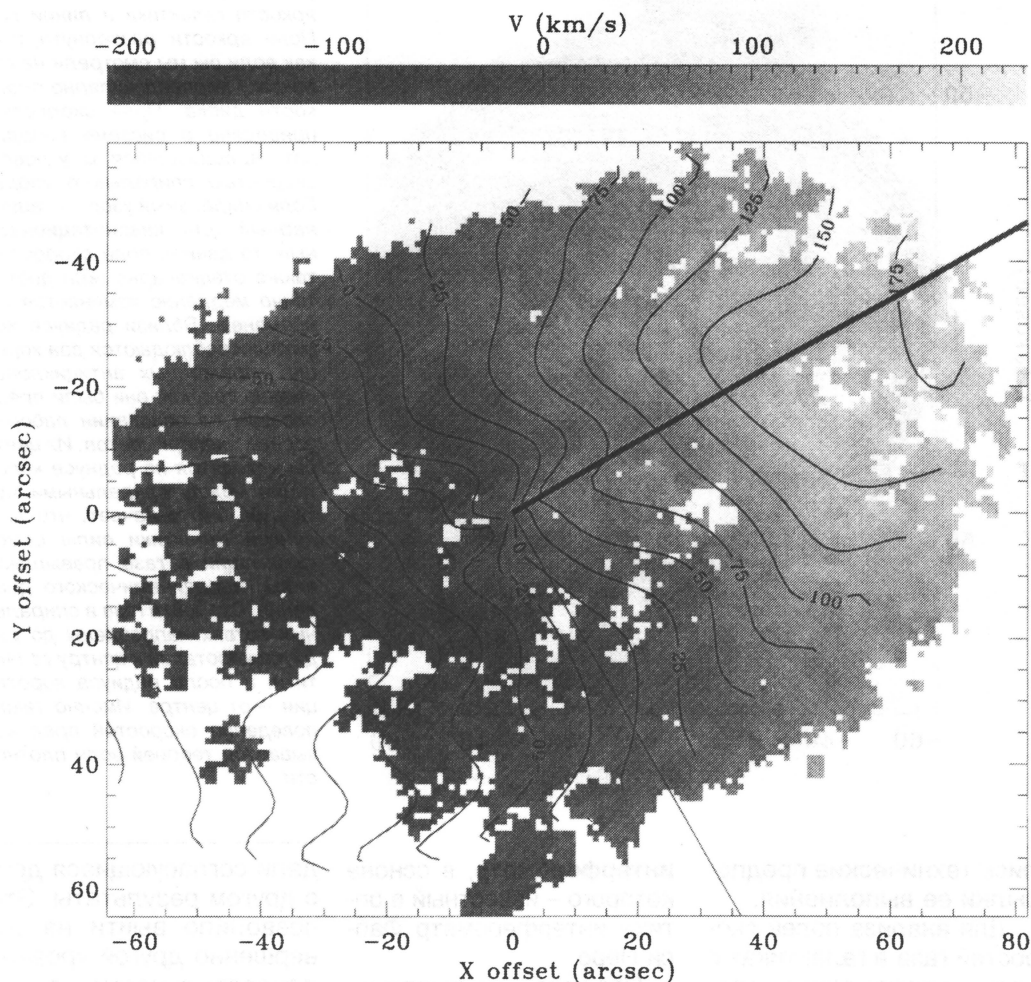
компонента скорости вдоль оси вращения дает вклад в m -ю гармонику.

Таким образом, если галактика имеет чистую m -рукавную структуру, то в наблюдаемом по лучу зрения поле скоростей кроме нулевой и первой гармоники должны присутствовать гармоники $(m - 1)$, m и $(m + 1)$.

Сказанное позволяет решить задачу по восстановлению трех компонент скорости из наблюдаемого поля лучевой скорости для галактик с числом рукавов $m \geq 3$. Здесь отличными от нуля оказываются восемь коэффициентов ряда Фурье, их достаточно для определения на каждом радиусе восьми неизвестных функций: системной и круговой скоростей и амплитуд и фаз трех компонентов возмущенной скорости – радиальной, азимутальной и осевой. В случае двухрукавной галактики для тех же восьми неизвестных функций имеется только семь коэффициентов ряда Фурье: вклады кругового движения и возмущенных скоростей в плоскости диска интерферируют между собой. Требуется еще одно уравнение, связывающее между собой неизвестные функции.

Было предложено четыре независимых спосо-

Поле лучевых скоростей галактики NGC 157



ба восстановления трех компонент скорости для двухрукавных галактик. В первых двух использованы соотношения между фазами неизвестных функций, получаемых из уравнений гидродинамики лишь при одном предположении: возмущение имеет вид волны с азимутальным числом $m = 2$. Третий способ предполагает плавное поведение амплитуд возмущенных скоростей. В четвертом

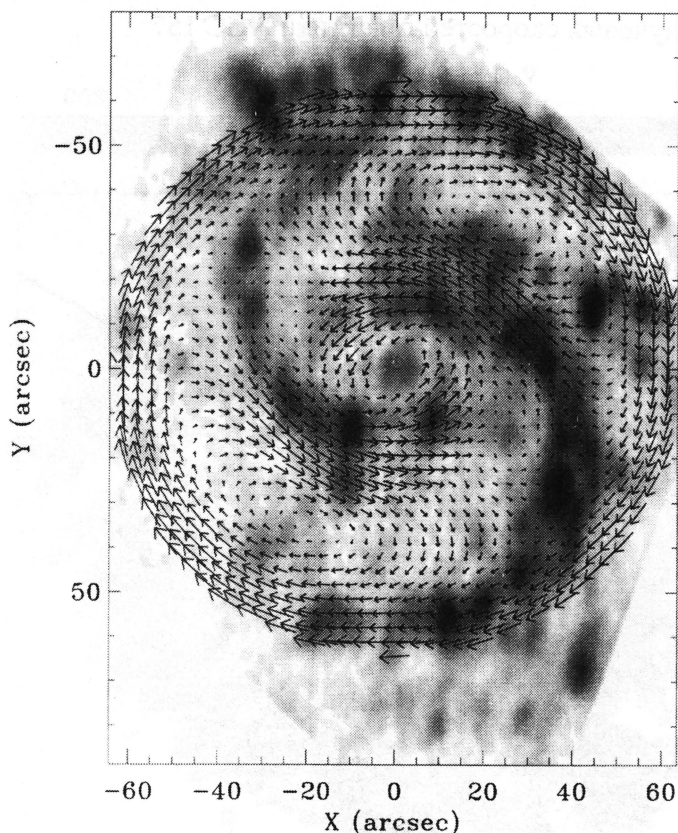
используется кривая вращения, получаемая из распределения масс в галактике. Остается вопрос: дадут ли различные, независимые друг от друга способы один и тот же результат для реальных галактик?

ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИЦИКЛОНОВ В ГАЛАКТИКАХ

Хотя физические теории опираются на экспериментальную базу, тео-

Поле лучевых скоростей галактик NGC 157, полученное на 6-м телескопе CAO РАН по доплеровским смещениям в линии H_α . Числами отмечены соответствующие изолинии лучевой скорости.

рия и эксперимент развиваются, как правило, не синхронно. В нашем случае это проявилось в том, что наблюдательная задача по поиску вихревых структур была поставлена раньше, чем прояви-



лись технические предпосылки ее выполнения.

Для анализа полей скоростей газа в галактиках с целью поиска вихрей требовалось получить оценки скоростей газа с точностью до нескольких километров в секунду (при скорости вращения газового диска галактики 200-300 км/с) во многих тысячах точек диска. Возможности для этого появились только в последние годы. В Специальной астрофизической обсерватории РАН в Зеленчуке (при сотрудничестве с французскими коллегами из Марсельской обсерватории) был создан высокоточный оптический прибор – **сканирующий**

интерферометр, в основе которого – известный в оптике интерферометр Фабри-Перо.

Параллельно выполнен кропотливая работа по составлению пакетов программ как для предварительной машинной обработки “сырых” наблюдательных данных, так и для анализа полученного поля скоростей газа.

К настоящему времени проведена обработка полей лучевой скорости и восстановление полного вектора скорости около десяти спиральных галактик. Среди них NGC 157, NGC 6148, NGC 1365, NGC 3893. Во всех случаях независимые способы

Поле скоростей газа в плоскости диска галактики NGC 157 (стрелки), наложенное на поле яркости галактики в линии H_{α} . Поле яркости развернуто так, как если бы мы смотрели на галактику перпендикулярно плоскости диска. Поле скоростей приведено в системе координат, вращающейся с угловой скоростью спирального узора. Если спиральный узор – стационарный или квазистационарный, то данное поле скоростей также стационарно, или достаточно медленно изменяется со временем. Вблизи радиуса коротации наблюдаются два хорошо выраженных антициклона, именно так, как они были предсказаны на основании лабораторных экспериментов. Их центры находятся на радиусе коротации между спиральными рукавами. Это означает, что для данной галактики силы самогравитации в газе превышают силы гидродинамического давления. Скорости газа в спиральных ветвях направлены до радиуса коротации к центру галактики, а после радиуса коротации – от центра. Именно такое поведение скоростей предсказывается теорией волн плотности.

дали согласующиеся друг с другом результаты. Это позволило выйти на совершенно другой уровень доказательности полученных результатов.

При ошибке отдельного определения скорости порядка 15 км/с и использовании более 10000 определений скоростей удалось детектировать амплитуды скоростей в спиральных рукавах – 20-30 км/с с точностью 2-5 км/с.

Восстановление скоростей позволяет решить сразу две классические задачи: определить радиус коротации и дать прямое доказательство волновой природы наблюдаемых спиральных рука-

вов, а также решить и ряд новых задач. Одна из важнейших: обнаружение новых структур в галактиках – гигантских антициклонов.

Анализ, подобный представленному выше, пока может быть проведен лишь для очень небольшого числа галактик. Но он наглядно продемонстрировал большие возможности, которые открывает метод исследования Фурье-компонент азимутального распределения лучевой скорости при достаточном массиве наблюдательных данных.

Неверно было бы утверждать, что проблема спиральной структуры решена. Удалось лишь построить надежный “мостик” между наблюдениями и теорией. И теперь

одна из первоочередных задач – построение компьютерных моделей, позволяющих описывать как наблюдаемое распределение яркости, так и распределения скорости в дисках спиральных галактик.

Следует отметить, что обнаруженные гигантские антициклоны можно назвать “линейными”, поскольку они возникают при сколь угодно малой амплитуде возмущений, вызванных волной плотности. Между тем, точность наблюдений достаточна для определения в некоторых случаях возмущений скорости на порядок меньших по величине, чем амплитуды линейных колебаний, – и потому уже сейчас можно исследовать достаточно тонкие нелинейные воз-

мущения скоростей. Это позволяет приступить к исследованию нелинейных процессов. Среди интересных явлений, предсказываемых нелинейной теорией галактических дисков, можно упомянуть аккреционный акустический дрейф и трехмерную крупномасштабную конвекцию, вызываемые квазистационарными волнами плотности. Наблюдательное подтверждение существования этих феноменов представляет простую задачу. Однако бурный прогресс техники наблюдений позволяет надеяться, что на открытие этих потоков и структур потребуется меньше семи лет, прошедших с момента предсказания гигантских антициклонов в галактиках до их обнаружения.

Информация

Недостающее звено в образовании планет

Исследователи из Университета Колорадо в Боулдере, США, наблюдали рост частиц пыли в газопылевых дисках вокруг звезд. Этот феномен восстанавливает недостающее звено между пылью пространства и образованием планет.

Вяснилось, что в окружаю-

щих “новорожденные звезды” туманностях некоторые частицы пыли примерно в 100 раз превосходят по размеру обычные частицы межзвездной среды. Ученые исследовали три звезды туманности Ориона (расстояние около 1500 св. лет) и во всех нашли такие пылинки. Возраст звезд – порядка миллионы лет.

Наблюдения выполнены с помощью Космического телескопа им. Хаббла в разных участках видимого спектра. Изучение отраженного от пылинок света позволяет оценить их размеры. Известно, что первоначально частицы пыли, окружающие звезды, имеют

размеры порядка 0,1 мкм. Обнаруженные в дисках частицы достигают 10 мкм (0,1 толщины волоса).

Это первое наблюдательное подтверждение способности частиц пыли слипаться и тем самым давать начало процессу формирования планет. Подобные диски наблюдаются примерно в трети звезд туманности Ориона. Если там тоже идет процесс роста пылинок, то это свидетельствует, что планетные системы – достаточно обычное явление в природе.

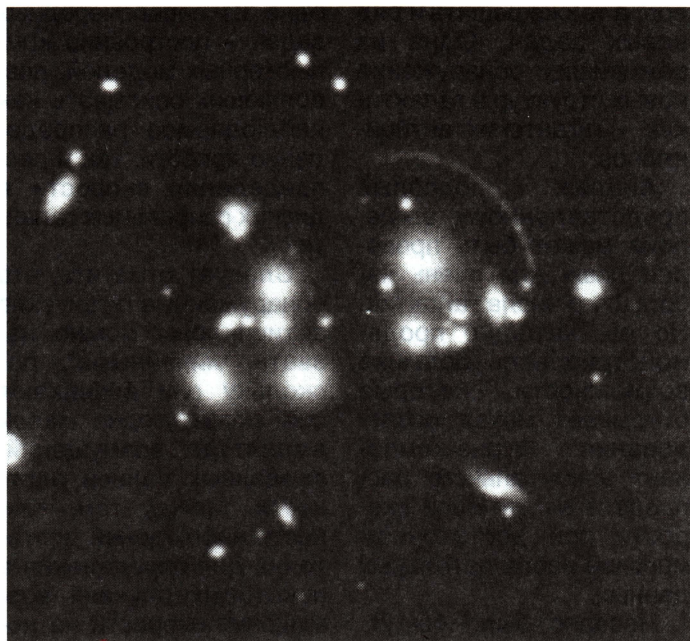
Office of Public Relations
University of Colorado–Boulder 12,
Oct. 1998

Астрономия в инфракрасных лучах

Новый инструмент для наблюдений в инфракрасных лучах ISAAC (Infrared Spectrometer and Array Camera) смонтирован на первом 8,2-метровом зеркале Очень Большого Телескопа (ОБТ) Европейской Южной Обсерватории. На нем можно получать изображения небесных объектов в инфракрасном диапазоне и их спектры. Первые наблюдения проведены 16/17 ноября 1998 г. Получены удачные снимки небесных объектов, а также несколько спектров.

1. Область активного звездообразования в Млечном Пути.

В области RCW38, расположенной на расстоянии около 5000 св. лет, недавно возникшие звезды все еще закрыты плотными облаками газа и пыли и нераз-



Скопление галактик CL2244-02 с гравитационными арками

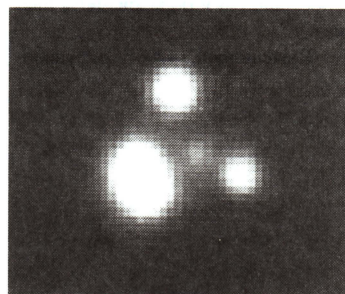
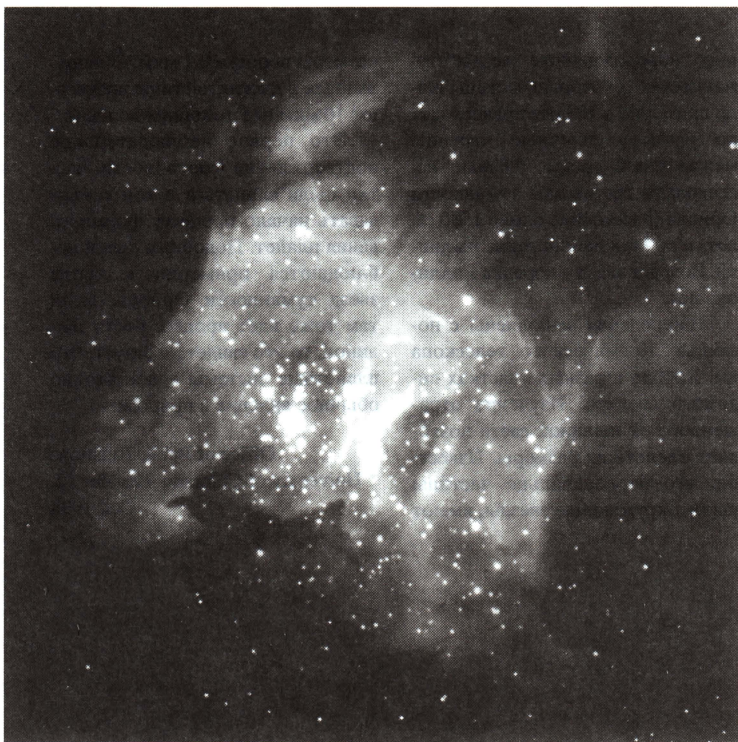
Область звездообразования RCW38 в Млечном Пути

личимы в оптических лучах. Но они хорошо видны на снимках ISAAC, так как поглощение в инфракрасном участке спектра намного ниже. Снимок — комбинация трех экспозиций на длинах волн 0,90 мкм, 1,65 и 2,16 мкм длительностью 160, 320 и 210 секунд соответственно, при хороших условиях видимости (диск дрожания 0,4"). Звезды на снимке окружены диффузным фоном, вызванным звездным светом, рассеянным на пыли и газе, и излучением в линиях атомного и молекулярного водорода.

2. Скопление галактик CL2244-02 с гравитационными арками.

Квадрупольный квазар MG0414+0534

квазар



Снимок – композиция трех экспозиций, полученных с помощью ISAAC на волне 2,16 мкм (20 мин), и с помощью испытательной камеры ОБТ в желто-зеленом и красном свете (по 15 мин). Это скопление (красное смещение $z = 0,3$) послужило гравитационной линзой для далекой галактики ($z = 2,24$),

изображение которой трансформировалось в четкую тонкую дугу.

3. Квадрупольный квазар MG0414+0534

В центре – галактика ($z = 0,96$), ее гравитационная линза вызвала учетверение изображения далекого ($z = 2,64$) квазара. (Два из изображений квазара не полностью

разрешимы.) Размер ансамбля квазара – $2''$. Снимок (две экспозиции по 20 мин на волнах 1,25 и 2,16 мкм) получен при хороших условиях видимости – диск дрожания $0,4''$.

ESO Press Release 19/98
26 November 1998

Информация

Планета в двойной звездной системе

За три года открыто около 15 планет вокруг других звезд. Разброс их масс составил от 0,5 до 7 масс Юпитера. Орбитальные периоды варьируют от 3,1 до 1650 дней. Некоторые орбиты круговые, другие сильно вытянутые.

Поиск внесолнечных планет – основная научная задача нового швейцарского 1,2-метрового телескопа им. Леонарда Эйлера, построенного Женевской обсерваторией. Он установлен в 1998 г. в Европейской Южной Обсерватории на горе Ла Силья. В планы работы входит исследование около 1000 звезд южного полушария неба.

Метод обнаружения основан на высокоточных измерениях лучевых скоростей звезд. Для этого используется спектрограф CORALIE, смонтированный на телескопе в июне 1998 г. Он был разработан Женевской обсерваторией в сотрудничестве с обсерваторией От-Прованс (Франция) и представляет усовер-

шенствованную версию ее спектрографа ELODIE, с помощью которого три года назад была открыта первая внесолнечная планета у звезды 51 Пегаса. CORALIE имеет более высокое спектральное разрешение и способен измерять лучевые скорости с точностью лучше 7 м/с (25 км/ч). Если у некоторых обнаружатся небольшие периодические изменения лучевой скорости, это будет свидетельствовать в пользу существования планет у данных звезд.

Еще на этапе испытаний телескоп был направлен на звезду Gliese 876 (известна также как HD 13445) в созвездии Эридана, одну из ближайших и сравнительно ярких звезд ($m_v = 6,12^m$). Расстояние до нее – около 35 св. лет. Ее масса $0,79 M_{\odot}$ и светимость $0,4 L_{\odot}$. Содержание тяжелых элементов у этой звезды в два раза меньше, чем на Солнце, что отличает ее от других звезд, у которых обнаружены планеты.

С сентября 1988 г. швейцарские астрономы получили 29 точных измерений лучевых скоростей звезды. Точки на графике легли на синусоиду с периодом 15,83 дня. Вариация скорости составила 740 м/с. Ошибка одного измерения – только ± 7 м/с.

Итак, телескоп им. Л. Эйлера

открыл свою первую планету. Это массивная планета (масса не менее 4,9 масс Юпитера), движущаяся по почти круговой орбите (эксцентриситет 0,05) вокруг своей звезды на расстоянии только 0,11 а.е. (16,5 млн км). Так что температура на поверхности должна быть около 380°C .

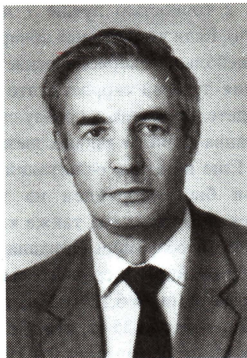
Наиболее поразительно, что звезда Gliese 876, в свою очередь, компонент двойной звездной системы. Такие данные получены в ходе 15-летних наблюдений с другим спектрографом на Ла Силья. Расстояние до соседней звезды примерно в 100 раз больше, чем расстояние звезда – планета. Характеристики новой планеты (масса и форма орбиты) ассоциируются скорее с двойственностью звезд и свидетельствуют, что планета сформировалась другим способом, а не по стандартной аккумуляционной схеме. Недавние теоретические изыскания показывают, что массивные планеты действительно могут образоваться благодаря динамической нестабильности в протопланетном диске, вызванной близким звездным компаньоном.

ESO Press Release 18/98
24 November 1998

Как управлять землетрясениями?

А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корреспондент РАН
Объединенный институт физики Земли РАН

“Если люди предадутся распутству, начнут пить вино и играть на музыкальных инструментах, Аллах на своем небе укажет Земле: сотряси их”, – так писал средневековый арабский историк. Представления о связи землетрясений с фа-



зами Луны, движением планет, социальными событиями возникли в далекие времена. Эта идея жива и сейчас, и ее не нужно отвергать. Такое заключение связано с анализом влияния на сейсмичность инженерной деятельности.

ИНИЦИИРОВАННЫЕ КАТАСТРОФЫ

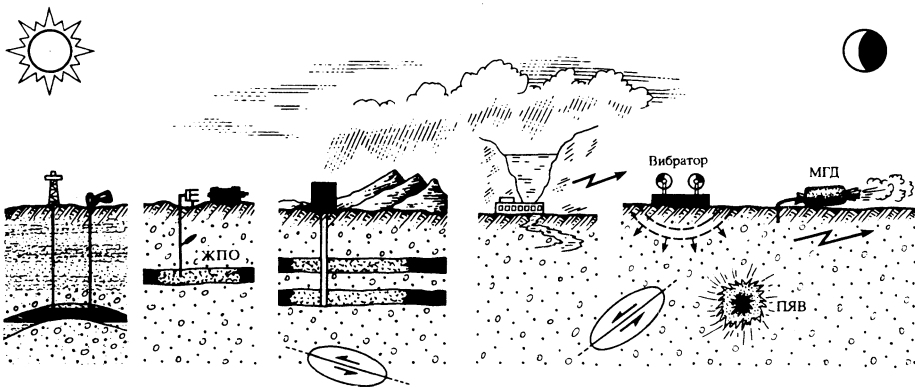
Мысль о том, что землетрясение может быть “запущено” **искусственным воздействием на земную кору**, родилась в 30-х годах в связи с активизацией сейсмичности и возникновением сильных сейсмических толчков в районах создания высоких плотин и больших водохранилищ. Наиболее значительным событием, привлечшим общее внимание сейсмологов к изучению инициированной сейсмичности, стало землетрясение 1967 г. **вбли-**

зи плотины Коина (Западная Индия). Оно произошло в слабосейсмичном районе, имело магнитуду $M = 6,4$ и существенно повредило плотину.

Несколько заметных землетрясений ($M = 5$) произошли в начале 60-х гг. **в районе г.Денвера** (США), где в зону тектонического разлома были **закачаны жидкие промышленные отходы**. Сейсмологи тогда предположили, что, возможно, произошла искусственная **разрядка тектонической энергии** в зоне подготовки катастрофического землетрясения. Повторить такой эксперимент

никто не решился, и закачку жидкости в сейсмоактивные разломы с тех пор не предпринимали.

Другой тип инициированных землетрясений связан с разгрузкой тектонических напряжений **в результате добычи нефти и газа** и образования областей пониженного давления в недрах Земли. Вызванные этой причиной наиболее значительные сейсмические события принимали катастрофический характер. Это три землетрясения в западном Узбекистане в районе гигантского газового **месторождения Газли**: два с небольшим



интервалом друг от друга произошли весной 1976 г. и одно – в 1984 г. Магнитуда всех трех была более чем 7,1–7,3. К этому же типу следует отнести Нефтегорское землетрясение 1995 г. в районе нефтяных месторождений на Сахалине ($M = 6,8$). Эти и многие другие, более слабые, имеют одну общую характерность: они произошли **через 15–30 лет после начала эксплуатации месторождений**, когда выработанные в недрах пустоты достигли значительных размеров.

Таким образом, “запуск” землетрясений, инициированных техногенными воздействиями и вызвавшими изменение напряженного состояния в большом объеме земной коры, произошел не сразу, а через определенное время, в течение которого накапливались эти изменения.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛАБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

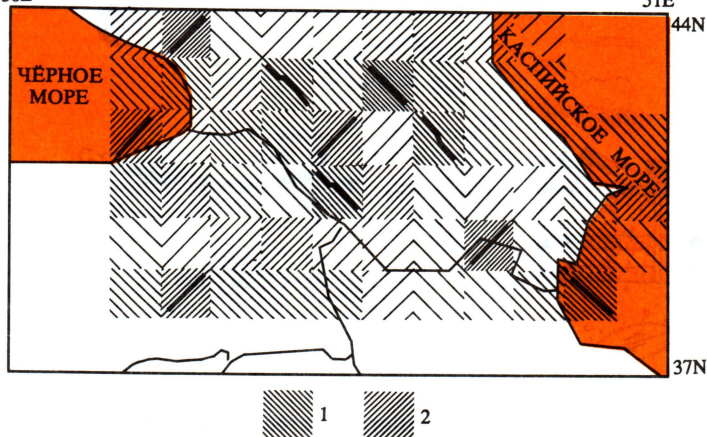
Результаты исследований природных воздействий на отдельные сильные землетрясения и на сейсмичность, т.е. на поток землетрясений разной мощности (слабых, умеренных и

сильных), до недавнего времени были противоречивы и вызывали много споров. Влияние погодных явлений, земных приливов, удаленных, где-то случившихся сильных землетрясений проявлялось **неустойчиво и во времени, и в пространстве**. Это было связано не только с особым характером исследуемых явлений, но и в значительной мере с недостатком высоким качеством наблюдений, а также с устоявшимся среди ученых мнением, что невозможно как-то влиять на сейсмический процесс очень слабыми воздействиями.

В течение последних двух десятилетий качество сейсмологических наблюдений существенно улучшилось, так как произошло техническое перевооружение сейсмостанций: в результате замены аналоговой регистрации цифровой существенно повысилась чувствительность приборов, расширилась полоса частот регистрируемых сигналов от одного миллигерца до десятков герц, динамический диапазон составляет не менее 120 децибел. Это позволяет регистрировать сигналы в очень широ-

Естественные и техногенные процессы, инициирующие землетрясения. Солнце и Луна создают переменные приливные деформации; изменения погоды, происхождение атмосферных фронтов и выпадение осадков изменяют напряженное состояние земной коры. Добыча нефти, газа, твердых ископаемых, создание плотин и больших водохранилищ инициируют слабую сейсмичность и могут иногда стимулировать возникновение сильных тектонических землетрясений. Сами сильные землетрясения (их очаги показаны овалами с разломом внутри и стрелками) взаимодействуют; они подвержены и воздействию подземных ядерных взрывов (ПЯВ). МГД-генераторы и сейсмические вибраторы также способны инициировать локальную сейсмичность. ЖПО – жидкие промышленные отходы

ком спектре амплитуд: от самых незначительных, амплитуды которых меньше уровня слабых микросейсмических колебаний, до колебаний при сильных землетрясениях, амплитуды которых в миллион раз больше. Также быстро растет число станций и плотность сейсмических сетей. В разных районах земного шара сейчас работает более 2000 сейсмостанций:



Карта Кавказа, на которой различной штриховкой обозначены прямоугольные участки, где землетрясения "запускаются" преимущественно в периоды приливного сжатия (1) и растяжения (2). На большей части площади возникновение землетрясений не зависит от земного прилива, но есть участки, отчетливо реагирующие на приливное сжатие и приливное растяжение

они улавливают колебания даже очень слабых землетрясений, которые происходят значительно чаще, чем умеренные и сильные. Это позволило использовать методы статистики для выявления едва заметных, сильно замаскированных эффектов воздействия на сейсмичность естественных и техногенных процессов.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ "ЗАПУСКИ" ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Среди множества естественных процессов выявлено несколько главных, эффект которых проявляется особенно отчетливо. Это, прежде всего, **приливные деформации**, связанные с гравитационным влиянием Луны и Солнца. Их величина максимальна в районе экватора и уменьшается к полюсам. Волны приливной деформации образуют у поверхности Земли сложную картину распределения выступов и впадин, бегущих с востока на запад. Блоки земной коры постоянно "качаются" на этих приливных волнах. Из-за

сложного движения блоков и неоднородностей напряженного состояния земной коры землетрясения в разных районах ассоциируются с разными фазами земного прилива, горизонтального и вертикального сжатия и растяжения. Естественно, что район земной коры, находящийся в состоянии аномально высокого сжатия, реагирует повышением сейсмичности в те интервалы времени, в которые он подвергается дополнительному приливному сжатию. То же самое относится и к деформациям растяжения.

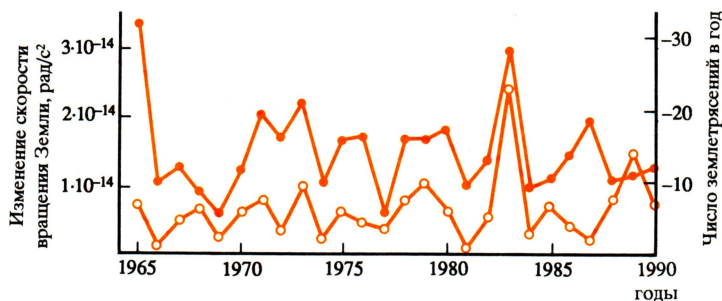
На большей части Кавказа землетрясения "запускаются" преимущественно в периоды приливного сжатия и растяжения, и их возникновение не зависит от земного прилива. Вместе с тем, есть участки, отчетливо реагирующие на приливное сжатие и растяжение. Эта закономерность общая, она проявляется во всех сейсмически активных районах. Земные приливы воздействуют не

только на сильные и умеренные, но и на слабые и очень слабые землетрясения, вызванные медленным движением блоков земной коры. Таким образом, Луна и Солнце оказывают влияние на тектонический процесс и, благодаря постоянному направлению движения приливных волн, их воздействие становится одним из механизмов перемещения блоков земной коры и литосферных плит. Это **волновое движение вещества**, сравнительно недавно открытое для геотектоники белорусскими учеными А.И. Добролюбовым и Р.Г. Гарецким.

Изменения скорости вращения Земли, хотя и крайне малые по своей величине, отчетливо влияют на сейсмический процесс. Возможно и то, что иницирующее влияние на сейсмичность оказывают не столько сами по себе колебания скорости вращения Земли, сколько глобальные сдвиги в атмосферной циркуляции, влияющие на скорость вращения планеты.

А какие погодные условия могут оказать устой-

Графики среднегодового изменения угловой скорости вращения Земли и количество землетрясений $M > 6$, происшедших в интервале глубин от 50 до 100 км в течение года в северном полушарии (по Ю.А. Трапезникову и А.В. Фридману). Сходство графиков не вызывает сомнения во взаимосвязи этих процессов



чивое инициирующее воздействие? Известно, что многие сильные землетрясения происходят в период прохождения циклонических фронтов, несущих сильные **изменения атмосферного давления**. Воздействие осадков на “запуск” землетрясений пока убедительно не подтверждено: иногда предшествующие сильным землетрясениям ветры и ненастья скорее сопутствующий, а не возбуждающий фактор.

Сильные землетрясения всегда сопровождаются афтершоками или резким повышением сейсмичности в сравнительно небольшой зоне. В зависимости от магнитуды ее размер может быть от нескольких километров до нескольких десятков километров. **Иницирующее влияние сильных землетрясений на другие землетрясения**, очаги которых расположены на расстоянии нескольких сотен и даже тысяч километров, подвергалось сомнению, хотя статистика таких случаев была достаточно убедительна. Сомнения рассеяло сильное **землетрясе-**

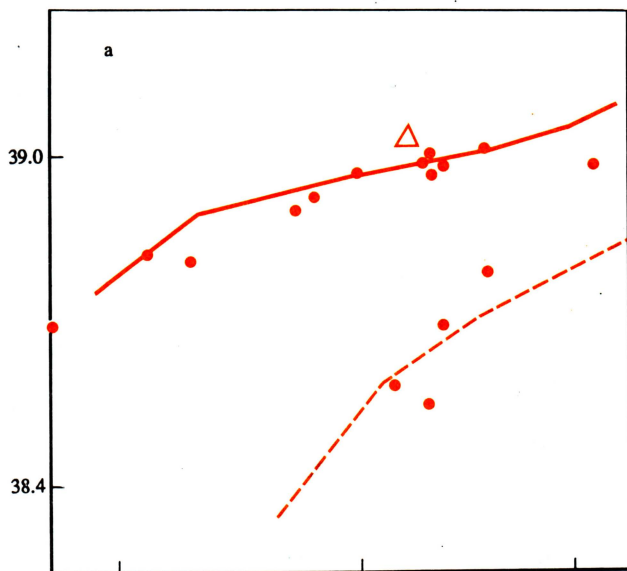
ние Ландерс ($M = 7,5$), случившееся в южной Калифорнии в 1992 г. После него несколько недель наблюдались резкие увеличения сейсмичности на обширной территории западного побережья США на расстояниях до 1000 км от очага.

Тщательные статистические исследования, проведенные в Центральной Азии, Средиземноморье и Центральной Европе, показали, что сильные землетрясения, магнитуда которых больше 5, вызывают небольшое увеличение сейсмичности на расстоянии до 1000-1500 км от своего очага в течение 5-10 дней. Вместе с тем и сами инициирующие землетрясения происходят, как правило, на фоне роста удаленной сейсмичности, предвещающего их на 10-15 дней. Таким образом, возникает группирование землетрясений во времени на обширных территориях.

Каждое сильное землетрясение вносит свой вклад в инициирование других сильных землетрясений, и само, в свою очередь, испытывает такое же влияние землетрясений предыдущих.

ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Создание искусственных водохранилищ, закачка воды в пласт, эксплуатация нефтяных и газовых месторождений вызывают изменение напряженного состояния горных пород, которое сопровождается ростом слабой сейсмичности, а иногда вызывает и сильные землетрясения. Эти землетрясения не произошли бы никогда (либо случились бы очень не скоро), если бы техногенные воздействия не заставили среду приспосабливаться к новому напряженному состоянию. Наиболее яркие примеры подобных типов землетрясений — катастрофические газлийские 1976 и 1984 гг. в районе гигантского газового месторождения Газли в Узбекистане, Нефтегорское землетрясение 1995 г. на Сахалине, сильные подземные толчки в районе водохранилищ Лейк Мид (США) в 1936 г., Кариба (Родезия) — в 1963 г., упоминавшееся землетрясение в районе плотины Коина (Индия) в 1967 г. и многие другие.



Две группы эпицентров землетрясений, происшедших в течение 8 суток, предшествующих электрическим зондированиям (а), и в течение последующих 8 суток (б). Видно, что в последующий период произошло значительно больше землетрясений и изменилось пространственное распределение их очагов

сколько фактов. Прежде всего, приуроченность событий в пространстве и во времени к разработке месторождения, далее — необычность возникновения сильного землетрясения через 8 лет после первых двух катастрофических событий.

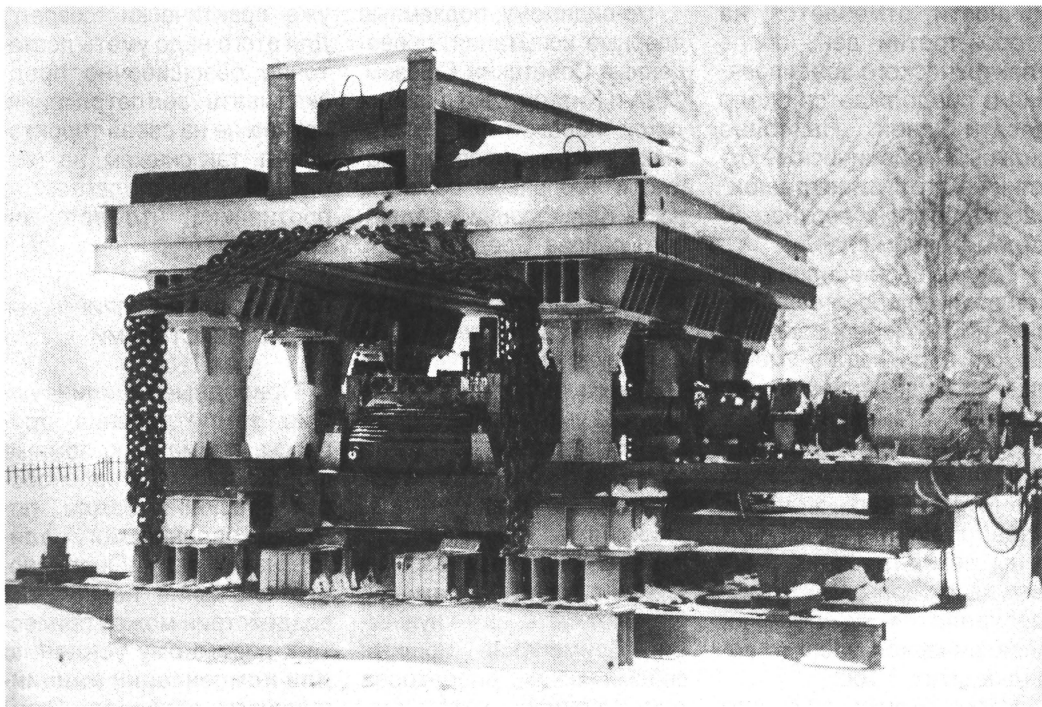
ФАНТОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ВОЙНЫ

Три сильнейших землетрясения в Средней Азии и еще восемь сильных в этой же зоне, магнитуда которых $M > 5$, произошли в течение сравнительно короткого времени, не позже двух недель **после подземных ядерных испытаний** на полигоне Семипалатинск. Это свидетельствует об эффективности одновременного воздействия на сейсмоактивную область не только добычи газа, но и подземных ядерных взрывов.

Иницирующее действие подземных ядерных взрывов на землетрясения в течение долгого времени отрицалось как советскими, так и американскими учеными и политиками, а факты совпадения этих явлений трактовались как случайные. Детальное исследование проблемы показало

До недавнего времени проблеме сейсмичности, инициированной добычей нефти и газа, уделялось мало внимания. Эти явления систематически не изучались. Даже о природе газликих зем-

летрясений, разразившихся в районе с высоким сейсмическим потенциалом, сейчас нет единого мнения. Однако в пользу предположения о влиянии добычи газа свидетельствуют не-



Центробежный вибратор СВ-100, установленный на полигоне в районе озера Байкал. В диапазоне частот 2–1,5 Гц проводится регулярное сейсмическое просвечивание Байкальской рифтовой зоны

ло, что подземные ядерные взрывы, так же как и сильные землетрясения, обладают инициирующим воздействием: вызывают небольшой рост сейсмичности в течение, например, 10 дней после взрывов на расстояниях до 1000–1500 км.

Отдельные эпицентральные зоны имеют существенно различную чувствительность к этим воздействиям. Например, глубокофокусные землетрясения Памиро-Гиндукушской зоны весьма чувствительны к ядерным испытаниям на полигоне Семипалатинск, тогда как сейсмичность Копет-Дага практически не откликается на

эти воздействия. Вместе с тем Памиро-Гиндукушские землетрясения оказывают явное инициирующее воздействие на сейсмичность Тянь-Шаня и Копет-Дага. Таким образом, влияние подземных ядерных испытаний на сейсмичность может быть непосредственным и опосредованным — через инициированные ими землетрясения.

Неожиданное открытие последних лет — обнаружение **влияния мощных электрических импульсов**, создаваемых магнитогазодинамическими (МГД) генераторами **при электрических зондированиях земной коры**. Генератор создает короткий — в несколько секунд — электрический импульс, который разряжается через разнесенные на один километр электроды в землю. Общая энергия составляет 10 Мгдж. Один такой генера-

тор, установленный в сейсмически активном районе Центрального Таджикистана, в течение нескольких лет выполнил около 30 электрических зондирований и оказал существенное **инициирующее воздействие на мелкофокусные землетрясения**, очаги которых находились на расстоянии до 50 км от электродов. При этом выделенная дополнительно сейсмическая энергия на три порядка превысила электрическую энергию зондирования. В последующий за событием период произошло значительно больше землетрясений и пространственное распределение их очагов изменилось. Аналогичный результат получен, по данным независимых наблюдений, на северном Тянь-Шане, где действовал на порядок более мощный МГД-генератор. В обоих случаях увеличение сейс-

мичности отмечается на второй-третий день после электрического зондирования и продолжается около десяти дней. Наиболее сильный сейсмический отклик на этот **“электрошок”** наблюдается в верхнем 5-километровом слое.

Трудно себе вообразить, как столь слабое воздействие, при котором электрическое напряжение уменьшается с удалением от дипольной установки пропорционально кубу расстояния, может вызвать такой значительный эффект. Ведь облучение очаговой зоны землетрясения, магнитуда которого 2–2,5, осуществляется порцией электрической энергии порядка всего 1 Дж!

Наблюдаемые эффекты возбуждения слабой и умеренной сейсмичности электрическими импульсами и взрывами говорят о том, что происходит **управляемая разрядка тектонической энергии**. Правда, она осуществляется на значительной площади (десятки и сотни тысяч квадратных километров). Этот процесс наиболее интенсивен на протяжении одной-двух недель после сейсмического или электрического воздействия. Поэтому можно утверждать, что **регулярной сейсмической и электрической “обработкой” больших сейсмически активных территорий может быть активизирована умеренная сейсмичность**, осуществляющая дополнительную разрядку тектонической энергии. Благодаря этому будет снижена и энергия сильных землетрясений, и тем **уменьшена сейсмическая опасность**.

По-видимому, подземные ядерные испытания, проведенные Советским Союзом, США и Китаем, уже оказали такой положительный эффект – активизировали слабую и умеренную сейсмичность Калифорнии и обширного района Средней Азии. Возможно, магнитуды сильнейших землетрясений, происшедших в последние 35 лет, оказались благодаря ядерным испытаниям несколько уменьшенными, так же как и причиненный этими землетрясениями ущерб. Поэтому с точки зрения влияния на сейсмичность подземные ядерные взрывы можно признать полезными и, может быть, даже нужными. Применение мощных сейсмических вибраторов для разрядки тектонической энергии возможно, скорее всего, лишь для воздействия на относительно небольшие объемы горных пород при добыче полезных ископаемых. Эта проблема требует еще значительных исследований.

Коль скоро реально искусственное инициирование землетрясения, естественно возникает вопрос: а нельзя ли намеренно инициировать катастрофическое землетрясение в военных целях, чтобы вызвать у противника сильные разрушения и человеческие жертвы. Это проблема создания **сейсмического оружия**. Я считаю, что пока нет оснований говорить об осуществимости такого оружия. Ведь для того, чтобы запустить тектоническое землетрясение, необходимо произвести сейсмическое воздействие в непосредственной близости от его эпицентра в тот период, когда очаг

уже практически “созрел”. Для этого надо уметь достаточно безошибочно предсказывать землетрясения, причем не на своей территории, а, так скажем, на территории предполагаемого противника, что вряд ли возможно.

СОГЛАСОВАТЬ С ПРИРОДНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

Природные инициирующие землетрясения процессы, такие как земные приливы, изменения скорости вращения Земли, погодные явления, могут влиять на их силу. Очевидно, что сложение нескольких воздействий может привести к **взаимному усилению или компенсации инициирующего эффекта**. Этим необходимо руководствоваться при планировании техногенных воздействий на сейсмичность: оно должно быть согласовано с природным воздействием и находиться в гармонии с ним. Только так достигается наибольший эффект снижения сейсмической опасности: потенциально сильные землетрясения происходят раньше назначенного им природой срока, разряжают меньшую энергию и причиняют меньший ущерб.

Землетрясения, вызванные добычей полезных ископаемых, закачкой жидких промышленных отходов в пласты, созданием высотных плотин и крупных водохранилищ, представляют определенную опасность. Уменьшить ее можно только единственным способом. Необходимо выбирать относительно безопасные режимы эксплуатации подобных объектов, которые должны

находиться под непрерывным сейсмическим и геофизическими контролем. Методы такого контроля разрабатываются и уже нашли некоторое применение при добыче твердых полезных ископаемых.

Итак, техногенными воз-

действиями на земную кору можно повлиять на ход развития сейсмических процессов, умерив сильнейшие землетрясения и снижая сейсмическую опасность. Ясно, что осуществление такой задачи требует специальных исследований и оно

станет **одной из важнейших в сейсмологии следующего столетия**. Бездумное же отношение к природе может быть наказано разрушительными иницированными землетрясениями: "Аллах на своем небе укажет Земле: сотряси их".

Информация

Сомнений в глобальном потеплении больше нет

Долгое время у климатологов вызывала недоумение информация, получаемая от спутников, запущенных НАСА для изучения океана и атмосферы. Микроволновые датчики сообщали, что с 1979 г. в нижней атмосфере Земли на средних высотах около 3,5 км идет не потепление, а похолодание, в среднем на $0,05^{\circ}\text{C}$ за десятилетие. В то же время по данным о средней температуре подстилающей поверхности она повышается при-

мерно на $0,13^{\circ}\text{C}$ в десятилетие. Тенденцию к потеплению подтверждают прогнозы, составленные на основании компьютерных моделей. Они не прогнозировали наступление похолодания в нижней тропосфере.

Противоречие попытался разрешить научный сотрудник американской компании "Римот сенсинг системс" в Санта-Розе (штат Калифорния) Ф. Уэнтц. Вместе со своим коллегой М. Шабелем ученый пришел к выводу, что ошибка вызвана изменением спутниковых орбит со временем в результате трения в атмосфере. Причем с 1979 по 1983 г., а также с 1989 по 1992 г. эффект должен был быть особенно ярко выраженным, так как в эти периоды солнечная активность чрезвычайно высока, что

обычно приводит к увеличению плотности нижней атмосферы.

Спутники теряют высоту примерно на 1,2 км в год. Подобное изменение орбиты должно изменять угол, под которым спутниковые приборы наблюдают атмосферу. Если принять во внимание эти факты, обнаружится, что и в нижней тропосфере идет потепление (со скоростью около $0,07^{\circ}\text{C}$ в десятилетие).

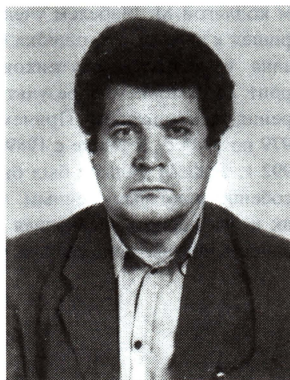
Теперь факт глобального потепления отрицать невозможно и спорить можно лишь о том, какими темпами оно идет в действительности и насколько это угрожает природе и человеку.

Nature, 1998, **394**, 615
Science, 1998, **281**, 930
New Scientist, 1998, **159**, 4

Черные дыры и звезды Вольфа-Райе

А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
член-корреспондент РАН

В последнее время выполнены надежные измерения масс 11 черных дыр в двойных системах. Сравнение характеристик черных дыр с параметрами звезд Вольфа-Райе (WR) в двойных системах свидетельствует о том, что масса ядра родитель-



ской звезды, по-видимому, не единственный параметр, определяющий природу сформировавшегося релятивистского объекта (нейтронная звезда, черная дыра). Для образования черных дыр важны и другие характеристики.

Открытие и исследование рентгеновских двойных систем позволило проследить эволюцию массивных звезд вплоть до самых поздних стадий, соответствующих **релятивистскому объекту** — нейтронной звезде или черной дыре. Большой интерес для теории звездной эволюции представляет сравнение характеристик релятивистских объектов с параметрами их родительских

звезд. Такое сравнение стало возможным в последнее время в связи с надежными измерениями масс большого числа черных дыр и нейтронных звезд (Земля и Вселенная, 1992, № 3, с. 23).

Известно, что теория связывает образование нейтронных звезд и черных дыр с **поздними стадиями эволюции** массивных звезд и вспышками сверхновых. Наблюдения подтверждают эти

предсказания: в центрах некоторых туманностей — остатков вспышек сверхновых, например, в знаменитой Крабовидной туманности, открыты радиопульсары — быстро вращающиеся, сильно намагниченные нейтронные звезды. К сожалению, пока нет прямых наблюдательных свидетельств о связи вспышек сверхновых с черными дырами. О том, что вспышка сверхновой — это “лебединая

песня" массивной звезды, находящейся на поздней стадии эволюции, свидетельствует Сверхновая 1987А, вспыхнувшая в Большом Магеллановом Облаке (Земля и Вселенная, 1989, № 2). Прародителем Сверхновой 1987А оказался голубой сверхгигант В31, а не звезда главной последовательности. Компактный объект, который должен был образоваться при вспышке Сверхновой 1987А, пока не обнаружен.

ПОЧЕМУ ЗВЕЗДЫ ВОЛЬФА-РАЙЕ?

Массы релятивистских объектов весьма опосредованно связаны с массами их родительских звезд, в частности, потому, что в процессе эволюции звезда может потерять значительную часть своей массы либо за счет истечения звездного ветра, либо в результате обмена масс в тесной двойной системе (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Кроме того, при вспышке сверхновой коллапсирует лишь центральная часть звезды (углеродно-кислородное или железное ядро), которая участвовала в термоядерных превращениях, а внешняя водородная оболочка сбрасывается. В этой связи особый интерес представляют звезды Вольфа-Райе, которые, по современным представлениям, находятся на поздней стадии эволюции и представляют собой обнаженные гелиевые ядра массивных звезд, потерявших водородные оболочки.

Масса звезд WR в среднем составляет $18,5 M_{\odot}$. Хотя звезды WR обладают мощным звездным ветром с темпом истечения вещества $\dot{M} \approx 10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$, за свое сравнительно короткое время ядерной эволюции ($\sim 3 \cdot 10^5$ лет) они успевают потерять лишь незначительную ($10 \pm 20\%$) часть первоначальной массы. За это время в звезде WR за счет термоядерных превращений "вызревает" углеродно-кислородное или железное ядро. Коллапс этого ядра (у наиболее массивных звезд WR коллапсирует углеродно-кислородное ядро за счет аннигиляции электрон-позитронных пар) приводит к формированию релятивистского объекта и вспышке сверхновой. В отличие от обычных звезд с мощными водородными оболочками в случае звезд WR можно быть уверенным, что масса соответствующей предсверхновой должна быть близка к массе звезды WR, а масса формирующегося релятивистского объекта определяется массой углеродно-кислородного ядра звезды WR M_{CO} . Величина M_{CO} связана с массой звезды Вольфа-Райе M_{He} простым соотношением:

$$M_{\text{CO}} = 0.45 \cdot M_{\text{He}}^{1.2}, \quad (1)$$

где M_{CO} и M_{He} выражены в солнечных единицах.

В последние годы появились убедительные косвенные свидетельства, что звезды WR действительно вспыхивают как сверхновые. Среди боль-

шого числа известных сверхновых недавно был выделен особый класс сверхновых SNI bc, содержащий около двух десятков объектов. Сверхновые этого типа имеют пониженную светимость в максимуме блеска и аномальный химический состав сбрасываемого вещества. Это свидетельствует о вспышке массивной гелиевой звезды, лишенной водородной оболочки. Имеется также ряд пекулярных туманностей — остатков вспышек сверхновых типа Cas A, которые, скорее всего, обусловлены вспышками звезд WR.

Прежде чем переходить к сравнению масс релятивистских объектов и звезд WR, рассмотрим новейшие наблюдательные данные.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Черные дыры предсказываются общей теорией относительности (ОТО) А. Эйнштейна и представляют собой области пространства — времени, в которых гравитационное поле настолько сильно, что даже свет не может вырваться за их пределы (Земля и Вселенная, 1992, № 3, с. 23).

Метод наблюдения черных дыр предложен в 1964 г. советским физиком Я.Б. Зельдовичем и американским астрофизиком Е.Е. Салпитером, которые предсказали мощное энерговыделение при несферической аккреции вещества на черную дыру. Теория **диско-**

Характеристики рентгеновских двойных систем с черными дырами

Системы	Спектр оптич. звезды	P_{orb} , дни	$f_v(m)$ ($M_{\odot}$)	m_x ($M_{\odot}$)	m_v ($M_{\odot}$)	L_x , эрг/с	v_{pec} , км/с	Примечание
Cyg X-1 V1357 Cyg	O9.7 lab	5.6	0.23	7-18	20-30	$\sim 8 \cdot 10^{37}$	2.4 ± 1.2	стационар.
LMC X-3	B(3-6) II-III	1.7	2.3	7-11	3-6	$\sim 4 \cdot 10^{38}$	—	стационар.
LMC X-1	O(7-9) III	4.2	0.14	4-10	18-25	$\sim 2 \cdot 10^{38}$	—	стационар.
Cyg X-3	WN 3-7	0.2	2.3	7-40	5-20	$\sim 10^{38}$	—	стационар.
A0620-00 (V616 Mon)	K(5-7) V	0.3	3.1	5-17	~ 0.7	$\leq 10^{38}$	-15 ± 5	транзиент.
GS2023+338 (V404 Cyg)	K0 IV	6.5	6.3	10-15	0.5–1.0	$\leq 6 \cdot 10^{38}$	8.5 ± 2.2	транзиент.
CRS 1121-68 XN Mus 1991	K(0-4) V	0.4	3.01	9-16	0.7-0.8	$\leq 10^{38}$	26 ± 5	транзиент.
GS2000+25 (QZ Vul)	K(3-7) V	0.3	5.0	5.3-8.2	~ 0.7	$\leq 10^{38}$	—	транзиент.
GRO J0422+32 (XN Per 1992 = =V518 Per)	M(0-4) V	0.2	0.9	2.5-5.0	~ 0.4	$\leq 10^{38}$	—	транзиент.
GRO J1655-40 (XN Sco 1994)	F5IV	2.6	3.2	6.8-7.2	2.2-2.5	$\leq 10^{38}$	-114 ± 19	транзиент.
(XN Oph 1977)	K3	0.7	4.0	5-7	~ 0.8	$\leq 10^{38}$	38 ± 20	транзиент.

Примечание: L_x – рентгеновская светимость, v_{pec} – пекулярная лучевая скорость центра масс двойной системы, P_{orb} – орбитальный период системы.

вой аккреции вещества на нейтронные звезды и черные дыры в двойных системах была развита в 1972-1973 гг. Н.И. Шакурой, Р.А. Сюняевым, Дж. Принглом, М. Рисом, И.Д. Новиковым и К. Торном. К настоящему времени открыто около сотни тысяч **компактных рентгеновских источников** в нашей и других галактиках. Большинство из них представляют собой **рентгеновские двойные системы**, состоящие из нормальной оптической звезды и релятивистского объекта – нейтронной звезды или черной дыры, находящегося в режиме аккреции вещества (Земля и Вселенная, 1986, № 5, с. 18).

Изучение движения, деформации и рентгеновского прогрева нормальной звезды в рентгеновской двойной системе, а также эффектов затмений и вращательного уширения линий поглощения в спектре нормальной звезды позволяет определить **функцию масс** оптической звезды

$$f_v(m) = \frac{m_x^3 \sin^3 i}{(m_x + m_v)^2}$$

(m_x и m_v – массы релятивистского объекта и оптической звезды), наклонение орбиты i , отношение масс

компонент $q = \frac{m_x}{m_v}$ и другие параметры системы.

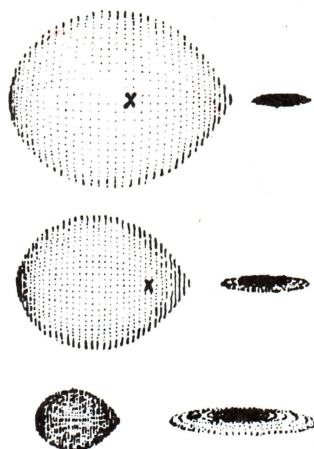
По этим данным нахо-

дят массу черной дыры:

$$m_x = f_v(m) \left(1 + \frac{1}{q} \right)^2 \frac{1}{\sin^3 i} \quad (2)$$

Для надежного определения m_x необходимо использовать современные методы синтеза кривых блеска, профилей линий и кривых лучевых скоростей, учитывающие ненулевые размеры оптической звезды, ее грушевидную форму, эффект рентгеновского прогрева и т.п.

К настоящему времени имеются надежные оценки масс 11 рентгеновских источников в двойных системах – кандидатов в черные дыры, у которых измеренные массы пре-



Компьютерные модели рентгеновской двойной системы для отношения масс компонент

$$q = \frac{m_x}{m_y} = 0.1 \text{ (вверху)}, q = 0.5 \text{ и}$$

$q = 10 \text{ (внизу)}$. Наклонение орбиты $i = 80^\circ$. Фаза орбитального периода $\phi = 0.25$. Крестиком указано положение центра масс двойной системы

вышают $3M_\odot$ – теоретический верхний предел массы нейтронной звезды, предсказываемый ОТО.

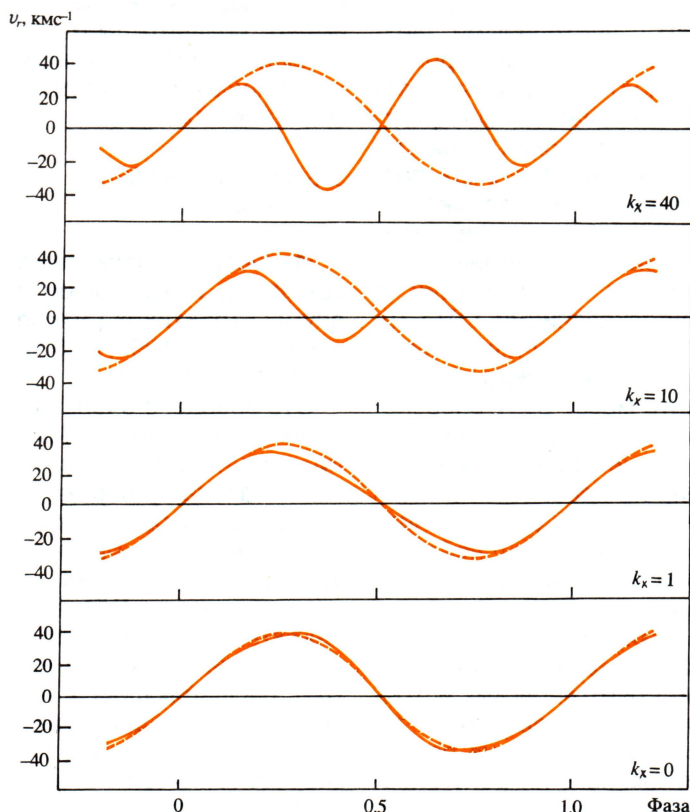
Рентгеновские двойные системы, содержащие аккрецирующие чер-

ные дыры, делятся на два класса: массивные рентгеновские двойные (спутник – массивная горячая оптическая звезда спектрального класса О-В или WR) и маломассивные рентгеновские двойные (спутник – маломассивная холодная звезда спектрального класса М-F).

Основные параметры

рентгеновских двойных систем с черными дырами приведены в таблице.

Интересно сравнить массы релятивистских объектов с массами их спутников в двойных системах. Массы радиопульсаров определяются с высокой точностью по релятивистским эффектам их движения в двойных системах. Один радиопульсар имеет в качестве спутника белый карлик. Эксцентриситет его орбиты близок к нулю, что говорит об образовании этой нейтронной звезды без сильного взрыва сверхновой. Принято считать, что образование нейтронной звезды в таком случае произошло не из звезды WR, а из белого карлика, который увеличил свою массу до **чандрасекаровского предела** $1.4 M_\odot$ в результате аккреции вещества, поставляемого спутником, а затем коллапсировал в состояние нейтронной звезды. Во всех остальных известных случаях

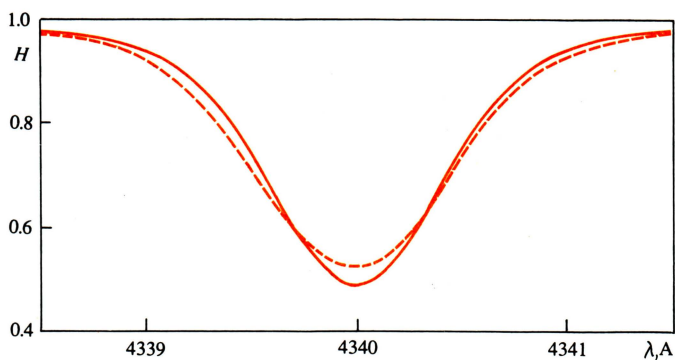


Теоретические кривые лучевых скоростей рентгеновской двойной системы, рассчитанные для модели точечной оптической звезды (пунктир) и для реалистической модели звезды с учетом грушевидной формы приливо деформированной звезды и эффекта рентгеновского прогрева. Отноше-

$$\text{ние масс } q = \frac{m_x}{m_y} = 0.1, i = 90^\circ.$$

Рентгеновский прогрев максимален вверху рисунка (свечимость рентгеновского источника в 40 раз больше свечимости оптической звезды) и равен нулю для нижней части рисунка

Влияние эффекта грушевидности оптической звезды на форму профиля линии поглощения H_γ в спектре маломассивной рентгеновской двойной системы V404 Cyg. Показаны теоретические профили линии водорода H_γ , вычисленные для различных фаз ϕ орбитального периода и приведенные к одной центральной длине волны λ (доплеровские сдвиги линии, обусловленные орбитальным движением звезды, вычтены). Сплошная линия соответствует фазе $\phi = 0$ (рентгеновский источник расположен сзади оптической звезды), пунктирная линия – фазе $\phi = 0.25$ (звезда видна сбоку), точечная линия соответствует фазе $\phi = 0.5$



образование нейтронных звезд и черных дыр должно было проходить через стадию звезды WR с ее последующим коллапсом и образованием релятивистского объекта. Можно сделать следующие выводы:

1. Черные дыры входят в состав как массивных рентгеновских двойных систем (системы Cyg X-1, LMC X-3, LMC-1, Cyg X-3), так и маломассивных рентгеновских двойных (системы V616 Mon, V404 Cyg, XNMus 1991, QZ Vul, V518 Per, XNSco 1994, XNOph 1977).

2. Все массивные рентгеновские двойные с черными дырами – квазистационарные рентгеновские источники.

3. Все маломассивные рентгеновские двойные с черными дырами – транзитные рентгеновские источники (рентгеновские новые XN); в спокойном состоянии, длящемся несколько лет, рентге-

новская светимость системы мала ($L_x < 10^{32}$ эрг/с), затем происходит вспышка рентгеновского излучения (до $L_x \approx 10^{38}$ эрг/с), длящаяся несколько месяцев.

4. Нет корреляции между массами релятивистских объектов и массами спутников. Нет систематической разницы в массах спутников у двойных систем с нейтронными звездами и черными дырами.

5. Постепенно выявляется замечательный факт: релятивистские объекты в двойных системах различаются не только по массам, но и по наблюдаемым проявлениям в полном соответствии с предсказаниями ОТО (!). Во всех случаях, когда удастся надежно определить массу рентгеновского или радиопульсара (то есть нейтронной звезды), она не превышает $3 M_\odot$ – теоретического верхнего предела массы нейтронной звезды, предсказываемого ОТО. В то же время, ни один из известных 11 массивных ($m_x > 3 M_\odot$) рентгеновских источников не является ни рентгеновским, ни радиопульсаром, ни рентгеновским барстером 1 типа,

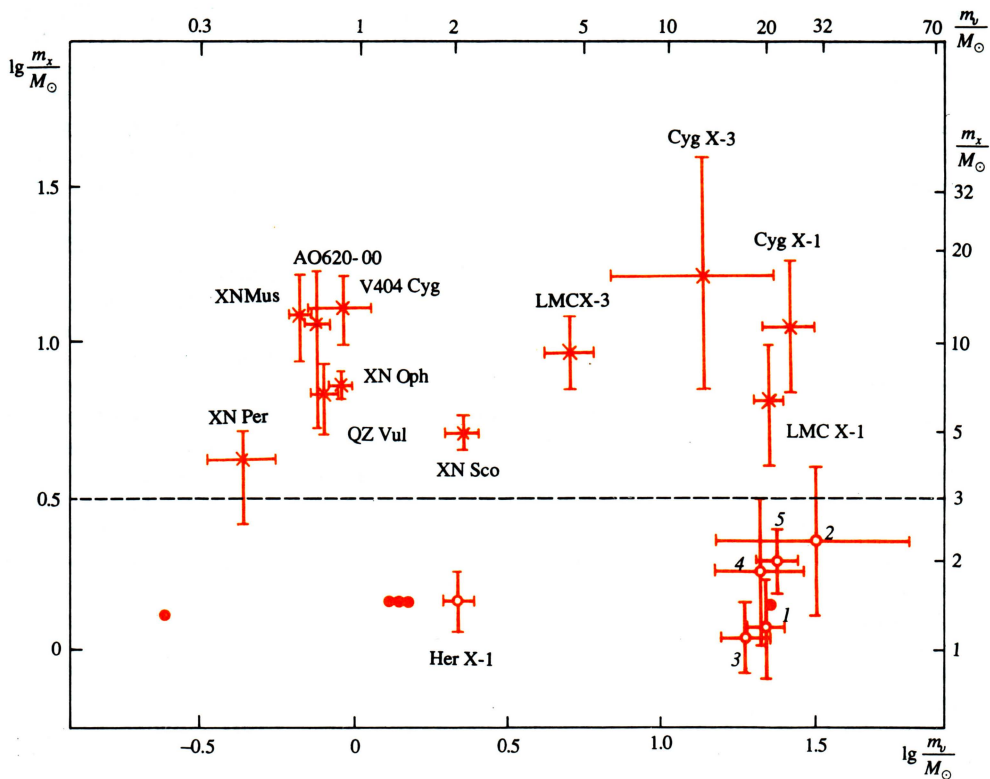
т.е. не обладает признаками, характерными для аккрецирующих нейтронных звезд.

6. Распределение по массам релятивистских объектов в двойных системах, по-видимому, бимодально: массы нейтронных звезд имеют очень малый разброс и составляют в среднем около $1.4 M_\odot$, массы черных дыр также имеют сравнительно небольшой разброс и концентрируются вблизи значения $\sim 10 M_\odot$.

ЗВЕЗДЫ WR В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Известно несколько сот звезд WR в нашей и других галактиках (Земля и Вселенная, 1991, № 5, с. 12; 1994, № 2, с. 3).

Это звезды с очень яркими и широкими линиями излучения гелия, а также азота, углерода и кислорода в разных стадиях ионизации. Мощные эмиссионные линии в спектрах звезд WR возникают в протяженной атмосфере (звездном ветре), расширяющейся, по-видимому, под действием давления радиации со скоростями в тысячи км/с и с темпом потери веществ-



Зависимость масс нейтронных звезд m_x (точки и кружки) и черных дыр (крестики) от масс спутников m_y в тесных двойных системах. Цифрами обозначены: 1 – система Cen X-3, 2 – LMC X-4, 3 – SMC X-1, 4 – 4U1538-52, 5 – 4U0900-40. Указаны ошибки определения масс у рентгеновских пульсаров (кружки). Ошибки определения масс радиопулсаров (точки) пренебрежимо малы.

Ни один из массивных ($m_x > 3 M_\odot$) рентгеновских источников не является ни рентгеновским пульсаром, ни рентгеновским барстером 1 типа, то есть не обладает признаками, характерными для аккрецирующих нейтронных звезд

следовательности: азотную (WN) и углеродную (WC). В спектрах звезд WN в основном содержатся линии азота, а в спектрах звезд WC – линии углерода и кислорода.

Различия в спектрах звезд WN и WC объясняются потерей массы этими звездами в виде звездного ветра. Вначале, когда звезда WR образуется из массивной O-звезды, потерявшей водородную оболочку, она принадлежит к типу WN, поскольку ее вещество обогащено азотом из-за действия углеродно-азотного цикла в ядре массивной O-звезды. Из-за потери вещества в виде звездного ветра, у звезд

WN обнажаются слои, обогащенные углеродом и кислородом в реакции тройного столкновения α -частиц, протекающей в недрах массивной гелиевой звезды. Поэтому со временем звезда WN превращается в звезду WC. Тщательные спектроскопические оценки отношения He/H показывают, что гелия в звездах WR много больше, чем водорода. Этим звезды WR радикально отличаются от обычных звезд солнечного типа. Малые радиусы и высокие эффективные температуры некоторых звезд WR, определенные из анализа наблюдений тесных двойных систем, подтверждают модель

ва $\dot{M} \approx 10^{-5} M_\odot/\text{год}$. Звезды WR делятся на две по-

звезд WR как гелиевых остатков первоначально массивных звезд. В последнее время выяснилось, что звездный ветер звезд WR имеет неоднородную, клочковатую структуру. Исправленная за эффект клочковатости ветра величина темпа потери массы звездой WR составляет в среднем $\sim 10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$.

Значительная часть звезд WR (свыше 40%) входит в состав двойных систем. Двойные системы с компонентами WR разделяются на 4 типа.

К типу SB2 (spectroscopic binary 2) принадлежат двойные системы WR + O, имеющие в качестве спутников массивные горячие звезды спектральных классов O. В настоящее время известны массы 22 звезд WR в двойных WR + O системах.

К типу SB1 относятся WR системы, у которых двойственность зарегистрирована по изменению лучевых скоростей, измеренных по доплеровским смещениям линий излучения звезды WR, а спектр спутника не виден в суммарном спектре двойной системы (есть также небольшое число SB1 WR двойных, у которых наблюдаются линии поглощения в суммарном спектре, но они не подвержены каким-либо доплеровским смещениям).

Третий тип двойных WR систем содержит гипотетические двойные WR с возможными релятивистскими спутниками – нейтронными звездами и черными дырами. Это гипотетические WR + C

двойные системы, которые предсказываются современным сценарием эволюции массивных тесных двойных систем. Согласно этому сценарию, предложенному в 1972-73 гг. А.В. Тутуковым и Л.Р. Юнгельсоном, звезды WR в гипотетических WR + C системах представляют собой звезды WR второго поколения, образовавшиеся в результате вторичного обмена масс в тесной двойной системе. Большие высоты над галактической плоскостью ($100\div 700$ пк) для гипотетических WR + C систем, согласно этому сценарию, связаны с импульсом, полученным центром масс системы в результате взрыва как сверхновой первичной звезды WR, приведшего к образованию релятивистского объекта "C". Следует подчеркнуть, что ни у одной из 17 известных гипотетических WR + C систем не найдено мощного рентгеновского излучения, что не согласуется с моделью спутника "C" как релятивистского объекта.

Наконец, четвертый тип двойных систем WR – это истинные WR + C системы. К этому типу принадлежит пока лишь одна известная WR + C система, Cyg X-3, у которой спутник "C" – аккрецирующая черная дыра, имеющая мощную рентгеновскую светимость $L_x \approx 10^{38}$ эрг/с.

В "Каталоге тесных двойных звезд на поздних стадиях эволюции", составленном в 1996 г. под руководством автора статьи, приведены харак-

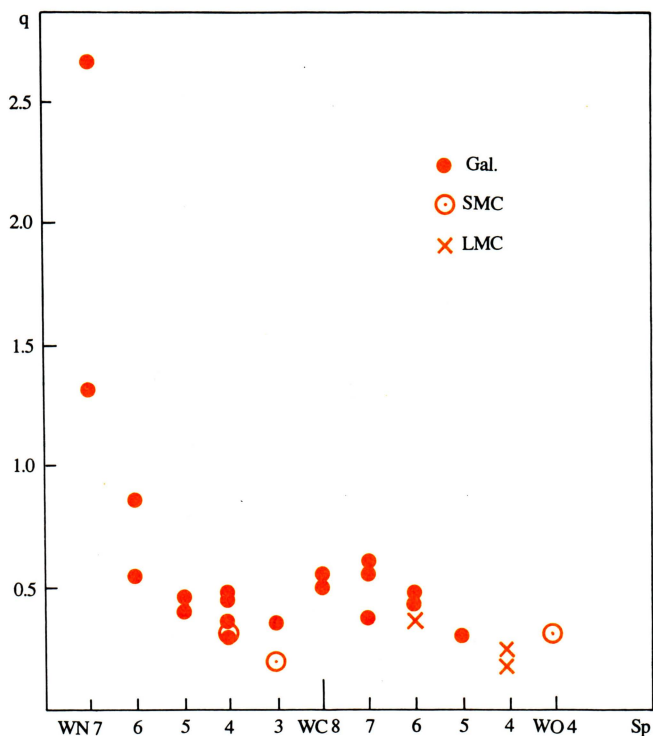
теристики 26 SB2 WR + O систем, 15 SB1 WR систем и 17 гипотетических WR + C систем. Мы не будем описывать все свойства этих очень интересных объектов. Рассмотрим лишь вопрос о массах звезд WR в SB2 двойных системах WR + O, которые определены из анализа спектроскопических, фотометрических и поляризационных наблюдений (спектроскопические наблюдения позволяют определить величины $m_{WR}\sin^3 i$ и $m_O\sin^3 i$, а фотометрические и поляризационные наблюдения – величину наклонения орбиты i).

Отношение масс

$$q = \frac{m_{WR}}{m_O} \quad \text{для WR + O си-}$$

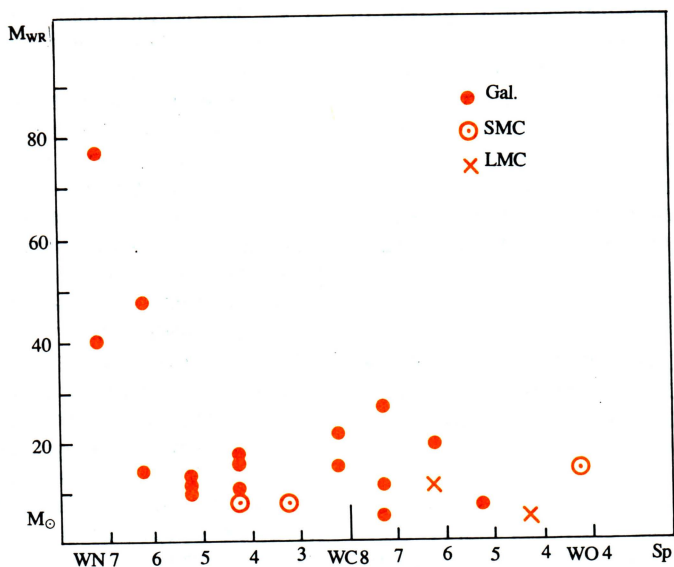
стем лежит в пределах $q = 0.17\div 2.8$. Среднее значение $\bar{q} = 0.53$. Наблюдается непрерывное уменьшение q с переходом от поздних WN7 звезд к более ранним WN3 и WC звездам. Орбитальные периоды известных WR + O двойных систем лежат в пределах от $1^d.6$ (CQ Ser) до 2886^d (HD 193793) и даже до 5680^d (HD 192641).

Средняя масса звезд WR всех типов (22 звезды) равна $18.5 M_{\odot}$. Массы индивидуальных звезд WR лежат в очень широких пределах: от $5 M_{\odot}$ до $86 M_{\odot}$ (HD 92740). Средняя масса WN звезд (12 звезд) равна $22 M_{\odot}$. Средняя масса WC звезд (9 звезд) составляет $13.4 M_{\odot}$. Массы спутников (O-звезд) в WR + O-системах лежат в пределах от $14 M_{\odot}$ до $57 M_{\odot}$ и в среднем составляют $32.5 M_{\odot}$.



При анализе зависимости массы звезд WR от масс спутников в WR + O системах видно, что в отличие от рентгеновских двойных систем, намечается корреляция между

массами звезд WR и их O-спутников. Видно также, что распределение звезд WR по массам является непрерывным, а не бимодальным. В отличие от релятивистских объектов



Зависимость отношения масс компонент $q = \frac{m_{WR}}{m_O}$ в тесных

двойных WR + O системах от спектрального класса звезды WR

звезды WR не концентрируются к каким-либо выделенным значениям масс.

Принимая во внимание потерю массы звездами WR в виде звездного ветра и вычисляя массы углеродно-кислородных ядер звезд WR по формуле (1), получаем, что диапазон масс CO-ядер известных звезд WR лежит в пределах от $2 M_{\odot}$ до $80 M_{\odot}$. Этот диапазон очень широк и включает в себя массы как черных дыр, так и нейтронных звезд. Однако, как и в случае звезд WR, массы их CO-ядер распределены непрерывно, а не бимодально. Средняя масса звезды WR составляет $18.5 M_{\odot}$, а масса ее углеродно-кислородного ядра $\sim 12 M_{\odot}$. Эта величина близка к средней массе черных дыр в рентгеновских двойных системах.

Следует отметить еще один важный наблюдательный факт. Массы звезд WR (и соответственно, массы их CO-ядер) достигают весьма больших значений – вплоть до $\sim 80 M_{\odot}$. В то же время, массы известных черных дыр в среднем концентрируются к значению

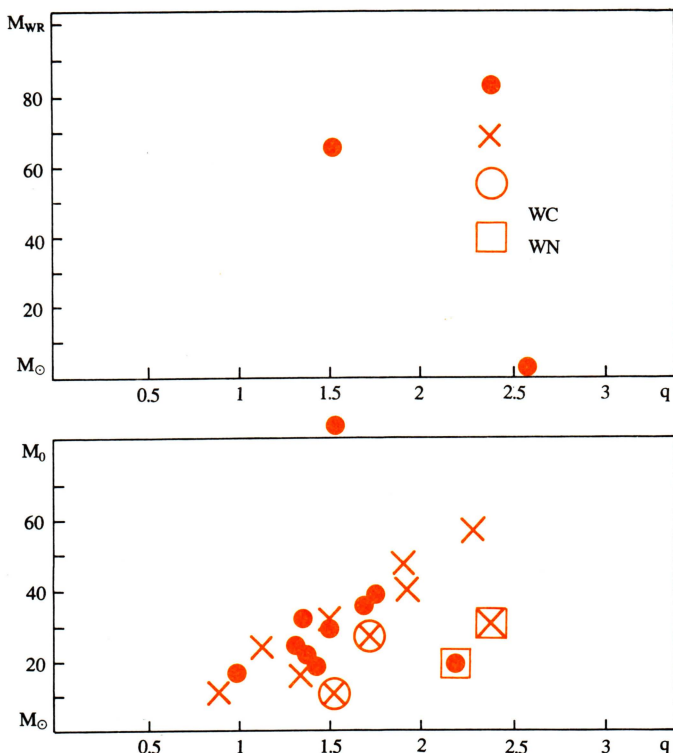
Зависимость массы звезды WR в тесной двойной WR + O системе от спектрального класса звезды WR

Зависимость масс звезд WR и O-компонент тесных двойных систем WR + O от отношения масс

$$q = \frac{m_{WR}}{m_O}$$

$\sim 10M_{\odot}$ и, по-видимому, не превышают $15-20M_{\odot}$.

Недавно в галактике NGC 1365 немецкие ученые С. Комосса и Х. Шульц обнаружили компактный рентгеновский источник с гигантской светимостью $\sim 10^{40}$ эрг/с. Они предполагают, что этот рентгеновский источник представляет собой либо аккрецирующую черную дыру стандартной массы, но со светимостью на два порядка превышающей **эддингтоновский предел** (что физически трудно себе представить), либо это очень массивная аккрецирующая черная дыра с массой $\sim 100M_{\odot}$ в двойной системе. Если этот рентгеновский источник не является далеким квазаром, случайно проектирующимся на галактику NGC 1365, результаты работы немецких ученых могут свидетельствовать о том, что среди черных дыр звездной массы иногда встречаются очень массивные объекты, сравнимые по массе с наиболее массивными звездами WR. Однако и в этом случае остается в силе очевидное несоответствие между однородным распределением по массам звезд WR и бимодальным распределением по массам релятивистских объектов, в котором явно выделяется преиму-



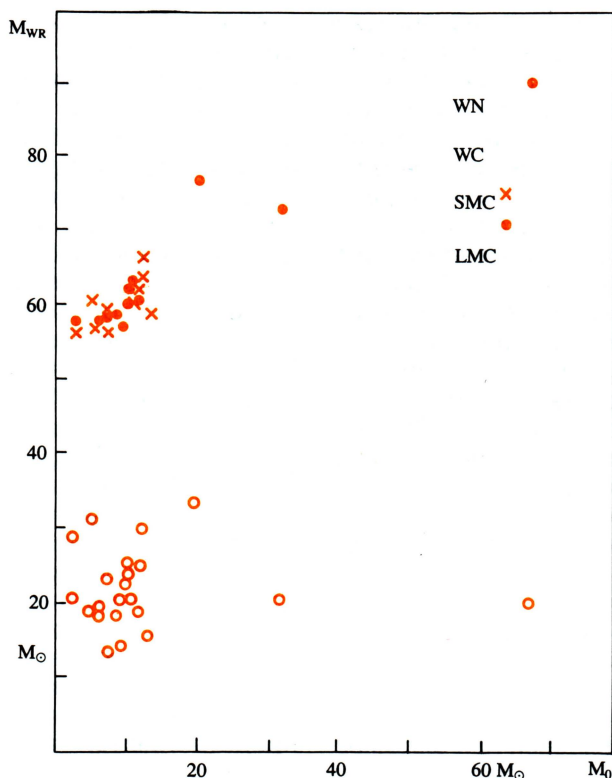
щественное значение масс нейтронных звезд $1.4M_{\odot}$.

Итак, приходится признать, что масса ядра родительской звезды не единственный параметр, определяющий условия образования черной дыры. Скорее всего, на формирование релятивистского объекта, помимо массы ядра родительской звезды, влияют другие характеристики звезд, например, вращение ядра звезды, его магнитное поле и т.п.

ОБРАЗОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ ИЗ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ С КОМПОНЕНТАМИ WR

Идея, что WR + O двойные системы могут быть прародителями массив-

ных рентгеновских двойных систем, была высказана в 1972-73 гг. голландскими учеными Е. Ван ден Хейвелом и Дж. Хейзе, а также А.В. Тутуковым и Л.Р. Юнгельсоном. В их эволюционном сценарии двойная система вначале состоит из двух массивных (с массами более $20M_{\odot}$) звезд главной последовательности с отношением масс близким к единице. Более массивная звезда эволюционирует быстрее, увеличивая свой радиус, первой заполняет свою полость Роша и быстро (в тепловой шкале времени эволюции) перетекает на соседнюю звезду. Образуется система WR + O, состоящая из звезды O (масса которой возросла в процессе первичного обмена



Зависимость масс звезд WR – компонент тесных двойных систем WR + O от масс спутников – O-звезд

сверхновой остается гравитационно связанной, так как в большинстве случаев взрывается менее массивная компонента системы. Кроме того, центр масс двойной системы при этом получает большую пространственную скорость, в результате чего система становится “убегающей”, т.е. обладает большой пекулярной пространственной скоростью.

Таким образом, идея об образовании массивных рентгеновских двойных систем из двойных WR + O систем в основном подтверждается наблюдениями (Земля и Вселенная, 1994, № 2, с. 3).

С другой стороны, ясно, что маломассивные рентгеновские двойные системы со спутниками – холодными M-F звездами (рентгеновские новые) – не могут формироваться непосредственно из WR + O систем. Современная схема образования маломассивной рентгеновской двойной системы предполагает, что вначале имеется двойная система, состоящая из звезд главной последовательности с сильно неравными масса-

ми $\left(q = \frac{m_2}{m_1} \ll 1 \right)$. Первич-

ная, более массивная звезда (с массой более $20M_{\odot}$) эволюционирует быстрее и первая заполняет свою полость Роша, в результате чего в системе начинается

масс) и звезды WR – обогащенного гелиевого остатка первоначально более массивной звезды системы. Затем, через $\sim 3 \cdot 10^5$ лет звезда WR заканчивает свою ядерную эволюцию и взрывается как сверхновая, в то время как звезда O продолжает оставаться звездой главной последовательности, так как время ее ядерной эволюции порядка 10^6 лет.

Образовавшийся на месте звезды WR релятивистский объект в паре с O-звездой, не заполняющей свою полость Роша, образует “спокойную” рентгеновскую двойную систему с почти нулевой рентгеновской светимостью, поскольку аккреция вещества звездного ветра O-звезды на релятивист-

ский объект недостаточна для появления мощного рентгеновского источника. По прошествии времени ядерной эволюции O-звезды ($\approx 10^6$ лет) последняя расширяется, ее поверхность приближается к границам полости Роша. Стимулированный приливными силами гравитационными силами звездный ветер O-звезды формирует газовый поток в направлении к релятивистскому объекту и образует вокруг последнего аккреционный диск. В системе зажигается мощный источник рентгеновского излучения и образуется классическая рентгеновская двойная система типа Cyg X-1 или Cen X-3. Существенно, что двойная система после взрыва звезды WR как

процесс бурного обмена масс. Поскольку масса спутника мала (менее $1M_{\odot}$), время его тепловой релаксации велико, и он, в отличие от описанного выше случая $q \cong 1$, не успевает аккрецировать все вещество, поступающее с более массивной звезды. Это приводит к формированию общей оболочки системы, в которой маломассивный спутник тормозится, что приводит к резкому сокращению расстояния между компонентами и укорочению орбитального периода системы. Общая оболочка расширяется в пространство, унося массу и угловой момент системы, а на месте более массивной звезды образуется массивный гелиевый остаток – звезда WR. В итоге формируется тесная двойная система, состоящая из звезды WR и маломассивного спутника спектрального класса M-F. Дальнейшая ядерная эволюция звезды WR в такой WR + (M-F) двойной системе приводит к ее взрыву как сверхновой и формированию релятивистского объекта в паре с маломассивным M-F-спутником.

Последующее заполнение M-F спутником своей полости Роша не может происходить за счет увеличения его радиуса, вызванного ядерной эволюцией, поскольку время ядерной эволюции звезды с массой менее $1M_{\odot}$ превышает возраст Вселенной. Заполнение полости Роша и, соответственно, зажигание мощного рентгеновского источ-

ника в системе происходит в результате сокращения расстояния между компонентами, вызванного потерей системой углового момента в связи с излучением потока гравитационных волн и намагниченного звездного ветра M-F звезды. Поскольку в двойной WR + (M-F) системе взрывается более массивная WR звезда, велика вероятность распада этой системы. Эта трудность преодолевается либо в рамках гипотезы тихого коллапса при образовании черной дыры без значительного сброса оболочки звезды (в случае звезд WR такая гипотеза представляется разумной), либо в гипотезе асимметричного взрыва сверхновой при формировании нейтронной звезды. В обоих случаях двойная система может оставаться гравитационно связанной после взрыва сверхновой, что в последующем приводит к формированию маломассивной рентгеновской двойной системы, в частности, состоящей из аккрецирующей черной дыры и маломассивного M-F спутника (например, системы типа V404 Cyg, XNMus 1991 и др.).

Таким образом, современный сценарий образования маломассивных рентгеновских двойных систем предполагает существование звезд WR в паре с M-F спутниками небольшой массы.

В этой связи, естественно обратить внимание на двойные системы WR типа SB1 и гипотетические WR + C двойные. В

двойных системах типа SB1 невидимость спутника может быть связана с его малой массой. Из 15 известных WR SB1 двойных мы выбрали одну систему, которая может рассматриваться как прародитель маломассивной рентгеновской двойной системы. Это система B87, расположенная в Большом Магеллановом Облаке (WN6 + ?, $p = 2^d.7596$, функция масс компоненты WR $f_{WR}(m) \cong \cong 0.1M_{\odot}$). Малая величина функции масс $f_{WR}(m)$, которая есть нижний предел для массы спутника, может свидетельствовать о том, что спутник здесь маломассивная M-F звезда. Дальнейшие исследования системы B87 представляются весьма интересными для теории звездной эволюции.

Среди 17 известных гипотетических WR + C систем нам удалось выбрать 11, которые можно рассматривать как прародителей маломассивных рентгеновских двойных систем. Среди них две системы имеют надежно определенные орбитальные периоды: HD50896 (WN5 + ?, $p = 3^d.766$, $f_{WR}(m) = 0.025 M_{\odot}$) и HD197406 (WN7 + ?, $p = 4^d.31364$, $f_{WR}(m) = 0.28 M_{\odot}$). В нашей интерпретации, спутники "C" в таких системах являются не релятивистскими объектами, а маломассивными нормальными звездами – красными карликами или субгигантами. Отсутствие мощного рентгеновского излучения от гипотетических WR + C систем делает такую гипотезу вполне допустимой.

Большие высоты над галактической плоскостью для таких систем могут быть связаны не со взрывом как сверхновой первичной звезды WR (что предполагается в стандартной модели WR + C систем), а с импульсом, полученным двойной системой при "испарении" ее из звездного скопления в результате коллективных взаимодействий звезд. Такая гипотеза для объяснения больших значений пекулярных скоростей некоторых звезд была предложена в 1967 г. мексиканским ученым А. Поведой.

Итак, есть основания предполагать, что по крайней мере некоторые из известных гипотетических WR + C систем могут быть прародителями ма-

ломассивных рентгеновских двойных систем. Для теории эволюции тесных двойных систем представляют большой интерес дальнейшие исследования подобных гипотетических WR + C систем с целью выявления природы маломассивных спутников (релятивистский объект или обычная звезда).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение характеристик нейтронных звезд и черных дыр с параметрами их возможных прародителей — звезд WR — позволяет предположить, что масса ядра родительской звезды, по-видимому, не является единственным параметром, определяющим природу сформировавшегося ре-

лятивистского объекта (нейтронная звезда, черная дыра). Исследователи все более склоняются к мысли, что помимо массы ядра родительской звезды на формирование релятивистского объекта влияют и другие факторы, например, вращение ядра звезды, его магнитное поле и т.п. Современные эволюционные сценарии позволяют предположить, что некоторые двойные WR SB1 системы и часть гипотетических WR + C систем могут рассматриваться в качестве прародителей маломассивных рентгеновских двойных систем. В этой связи дальнейшие исследования звезд WR в двойных системах представляются весьма перспективными.

Информация

Деньги за комету

До сих пор каждой вновь открытой комете присваивалось имя ее первооткрывателя. Это, конеч-

но, неплохой стимул для любителей астрономии, чтобы стремиться открывать их. В 1998 г. добавился еще один: любитель астрономии Эдгар Уилсон, бизнесмен из штата Кентукки, США, учредил премию своего имени за открытие комет. На это ассигнуется 20000 долларов ежегодно. Итог подводится в конце года, когда выясня-

ется, на какое количество "ловцов комет" приходится делить указанную сумму.

В среднем каждый год открывается около 5 новых комет. Кто знает, может быть с учреждением Уилсоновской премии это число увеличится?

New Scientist, 1998, 158, 23

Почвенный покров Земли – фундамент биосферы

Л.О. КАРПАЧЕВСКИЙ,
доктор биологических наук
факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОЙ СФЕРЫ

Почвенный покров, или педосфера (от греческого *ледо* – почва), тонким слоем покрывает поверхность суши, образуя одну из концентрических геосфер Земли: она возникла по крайней мере 3,5 млрд лет назад, при появлении на Земле жизни, когда первые микроорганизмы поселились в рыхлых осадочных породах суши, сформировавшихся одновременно. В Гренландии и Южной Африке обнаружены следы живых организмов в осадочных породах, относящихся к этому времени.

Начальная эволюция жизни представляла собой процесс превращения гиперциклов (молекул, способных возобновляться или образовывать дубликаты) в организмы. Возможно, это превращение, согласно почвенной

Почва – особое природное тело, верхний слой суши, образовавшийся из геологической породы под воздействием растений, животных, микроорганизмов. Ее свойства определяются также климатом и длительностью воздействия факторов почвообразования. Почвенный покров – тонкая “кожа” планеты, фундамент наземной биосферы. Сохранение его жизненно необходимо для человечества.

гипотезе происхождения жизни, развивалось на коллоидах осадочных пород (суглинках, глинах). Субстраты, обогащенные органическим веществом, можно считать протопочвами, т.е. самыми первичными почвами. Их и заселили протоорганизмы. Протопочвы стали почвами, когда протоорганиз-

мы овладели процессом фотосинтеза и стали растениями. Но, скорее всего, ошибочно представление о том, что фотосинтезирующие организмы создали кислородную атмосферу. Академик А.Л. Яншин утверждал в 1993 г., что кислородная атмосфера с незначительными колебаниями (в основном, в содержании углекислого газа), существовала уже в самом начале организации жизни на нашей планете. Геологические данные показывают, что атмосфера Земли всегда была окислительной, а не восстановительной, т.е. в ней всегда присутствовал кислород.

Первые примитивные почвы представляли собой минеральный субстрат с сорбированными на частицах микроорганизмами, водорослями и различными органическими соединениями. Такое состояние педосферы

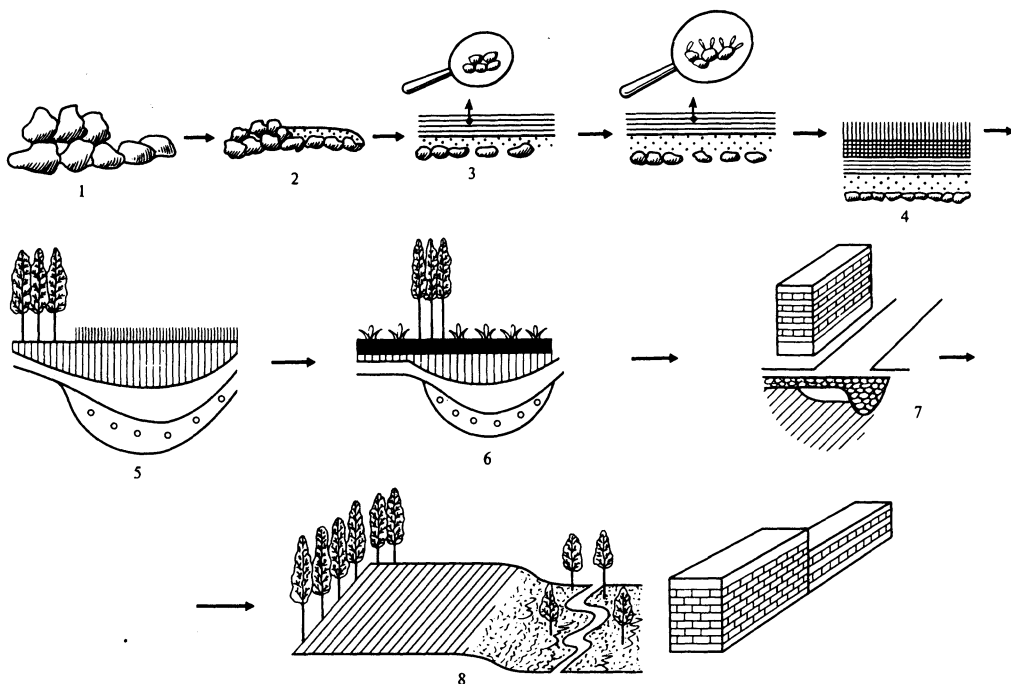


Схема развития почвенного покрова Земли:

1 – изверженные горные породы суши; 2 – начало формирования осадочных пород; 3 – протопочвы (рыхлый минеральный субстрат с примесью органического вещества); 4 – формирование естественного современного почвенного покрова; 5 – природные экосистемы и почвенный покров; 6 – появление антропосферы в виде агросферы и распаханного почвенного покрова; 7 – возникновение техносферы с городскими почвами; 8 – современный почвенный покров, состоящий из остатков естественного почвенного покрова, почв и почвоподобных образований агросферы и техносферы

продолжалось на протяжении 3 млрд лет, пока в силурийском периоде не появились вымершие затем первые высшие растения, имеющие стебли (риниофиты – предки всех наших растений: плаунов, папоротников и пр.), под которыми стали образовываться торфяно-перегнойно-глеевые почвы. В девонском периоде сформировались засоленные или солончаковые почвы, содержащие водорастворимые соли (хлориды натрия, калия, кальция, их сульфаты и пр.). Бурые и коричневые

почвы, широко распространенные сейчас на Кавказе, в Крыму, Карпатах, Дальнем Востоке, Средиземноморье, возникли в меловой период, а современный по составу почвенный покров появился лишь в третичный. Из этих данных видно, что, хотя формирование почвенного покрова, как и биосферы в целом, – длительный процесс, но современные почвы возникли относительно недавно (с геологической точки зрения), и эволюция почвенного покрова еще не окончена.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ

В настоящее время только на территории России выявлено более 80 разных типов почвы. В основе их выделения положены принципы, сформулированные великим русским ученым В.В. Докучаевым: почва характеризуется профилем, который определяется сочетанием связанных в своем образовании горизонтов.

Обязателен для всех почв процесс накопления (аккумуляции) органического вещества в верхнем

Субальпийский луг на склоне хребта Сихоте-Алинь. На отложениях мелкозема, заполнившего промежутки между камнями, сформировалась луговая гумусированная почва с хорошо развитым разнотравием. Фото Н.Д. Звягинцева

их слое в виде органогенного горизонта. Им может быть лесная подстилка, степной войлок. Особенно характерна дернина – почва, пронизанная корнями трав и образующая слой, который снимается, как одеяло. Аналогичный дернине слой, скрепленный корнями кустарничков (брусники, черники, голубики и т.п.), встречается в лесах. Слой под дерниной представляет собой гумусовый горизонт. Ниже образуются горизонты выноса, откуда в растворенном виде выносятся кальций и железо. Еще ниже – переходный горизонт, он же горизонт вмывания, если залегает под осветленным горизонтом. Переходным его называют из-за промежуточных свойств между гумусовым слоем и неизменной породой.

По реакции среды почвы разделяются на кислые (подзолы, бурые лесные, тундровые, красноземы), нейтральные (черноземы, каштановые почвы) и слабо или даже сильно щелочные (карбонатные почвы, солонцы – почвы, содержащие соду и обменный натрий). Почвы могут быть маломощными и мощными, малогумусированными (подзолы) и тучными (черноземы), плотными и рыхлыми, богатыми и обогащенными доступными для растений питательными



элементами и водой. По обеспеченности водой выделяют гумидные почвы (влажные) и аридные (сухие).

Одно из наиболее важных свойств почв – гранулометрический состав (распределение почвенных частиц по размеру). Оно определяет насыщенность почв водой, ее доступность растениям, общий запас питательных веществ и содержание гумуса. Почвенные частицы также могут образовать агрегаты разной формы и размера (зернистые – размером до 3 мм, ореховатые – до 5-7 мм, призматические – до 2-5 см, столбчатые диаметром до 6-7 см и высотой до 10-18 см (в солонцах).

Все перечисленные свойства почв определя-

ют их основные экологические функции (Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин): они снабжают растения питательными веществами и водой, а также образуют среду обитания растений и животных. Функции очень важны и для человека. Цель агротехники – усиление снабжения растений питательными элементами и водой. Но при этом человек подавляет такие экологические функции, как способность почв играть роль биогеохимического барьера, поддержание ими видового разнообразия в экосистемах. Обработка почв создает более или менее однородную среду, пахотный горизонт, который наиболее благоприятен для возде-



лываемых человеком растений (сорняков), но исключает на долгий срок возможность существования естественных экосистем. Поэтому типы почв, находящиеся в сельскохозяйственном пользовании, заведомо отличаются от исходных естественных почв и требуют специальной классификации и оценки.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В ЭПОХУ АНТРОПОГЕНА

Вначале деятельность человека мало влияла на почвенный покров. Охотники убивали животных (туров, зубров, бизонов, мамонтов), но не возделывали землю. Охоту сменило скотоводство. Люди обжа-

велись стадами коров, овец, коз, табунами лошадей, для которых требовались пастбища. После истощения одного пастбища приходилось откочевывать на другое. Тогда-то и началась частичная деградация почв: уплотнение, разрушение почвенных агрегатов (комочков) в верхнем слое. В то же время почвы восстанавливались на заброшенном пастбище.

Возможно, благодаря травоядным животным, внимание человека привлекли злаки – для последующего их введения в культуру. Первые природные зерновые были освоены на Ближнем Востоке и в Средиземноморье достаточно давно – не позже чем за 8-10 тысячелетий

Козыревская – сухая речка на Камчатке. Лес занесен пеплом после извержения вулкана Безымянный. Деревья погибли, но по берегу речки идет возобновление леса и формируются подзолистые почвы. Фото Н.Д. Звягинцева

до н.э. Гречиха и ячмень засевались в Японии за 7,5 тыс. лет до н.э., кукуруза (маис) возделывалась индейцами Мексики задолго до прихода в Америку европейцев. Пшеница возделывалась в Египте уже 8 тыс. лет назад, тогда же появились посевы риса в Южном Китае...

Даты введения растений в культуру говорят о начале изменения почв и почвенного покрова под влиянием пахоты. При этом



Березняк из каменной березы вдоль реки Авача на Камчатке. В таких лесах паркового типа образуются вулканические охристые почвы. Фото Н.Д. Звягинцева

сельское хозяйство сопровождалось заменой естественных сообществ животных и растений (биогеоценозов) искусственными агроэкосистемами. Агроэкосистема – это хозяйство в целом, включая поля севооборота, характер подъездных путей, тип удобрений, особенности борьбы с сорняками, способ реализации полученного урожая. Возделывание растений приве-

ло к созданию агросферы, формированию почвенного покрова, занятого сельскохозяйственными растениями.

ВАЖНЕЙШАЯ РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ

Земледелие, как это установил Н.И. Вавилов, возникнув в горах, спустилось в долины рек, в первую очередь Тигра и Евфрата. Мелиорация началась с осушения заболоченных пойм. Осушались плавни и поймы рек в Месопотамии. В результате болотные почвы переходили в ряд дренированных, луго-

вых и лугово-дерновых (по Г.В. Добровольскому), а затем, при поливе, превращались в староорошаемые почвы. Полив требовал строительства оросительных систем. В связи с этим стала развиваться геометрия (землемерные работы требовали точного решения вопросов, связанных с размерами и конфигурацией участков земли). Весенние разливы рек создавали для земледельца определенные трудности, и ему необходимо было знать сроки, чтобы подготовиться к ним. Необходимость полива вызвала к жизни производство сельскохозяйственных орудий, этого зародыша промышленности.

С продвижением земледелия на север, – туда, где осадки выпадали в достаточном количестве, началось освоение земель, занятых лесами. Надо сказать, что черноземные степи, “облицованные” плотной дерниной, трудно поддавались обработке примитивной сохой. Кроме того, в степях пасли стада кочевники, что приводило к неизбежному конфликту между ними и земледельцами. Поэтому люди стали осваивать лесостепную зону, в которой можно было получать и строительный лес, и древесину для производства сельскохозяйственных орудий, необходимых для обработки почвы. Выжигались леса, а на их месте сеяли злаки – пшеницу, рожь, ячмень, овес. В этом случае серые лесные почвы приобретали вид черноземов, а подзо-

листые, у которых под лесной подстилкой залегают белесый горизонт, — дерново-подзолистых и дерновых почв. Образовывался серо-коричневый гумусовый слой на поверхности. Через 5-7 лет пашни забрасывали в залежь и, в зависимости от дальнейшего использования, они или зарастали лесом, или же становились сенокосом или пастбищем. При зарастании лесом следы пахоты сохранялись 150-200 лет. Почва в течение этого срока выглядит как дерново-подзолистая (в таежной зоне), которая медленно превращается в подзолистую почву, по мере осветления гумусового горизонта.

При введении в культуру риса появились рисовые, гумусово-глеевые почвы, образовавшиеся из разных аллювиальных почв при затоплении их в процессе возделывания этого растения. Рисовые почвы Китая, Индонезии, Японии, Вьетнама — это особые почвы, почти ничего не сохранившие от предыдущей естественной почвы. Даже гранулометрический их состав в результате рисосеяния становится тяжелее.

Вполне вероятно, что примитивное земледелие появилось раньше. С.И. Бараш полагает, что оно возникло 100 тыс. лет назад (или по крайней мере 70 тыс. лет назад, вместе с появлением кроманьонцев). Но в этот период земледелие еще не достигло товарного уровня и такого масштаба, чтобы стать ведущей отраслью хозяйства. Именно поэтому не найдено пока доказательных

свидетельств столь раннего возникновения земледелия. Возможно, в горных районах Западной Азии существовало своего рода "пробное земледелие" — там было достаточное количество тепла, влаги, а развитие широкомасштабного скотоводства затруднительно.

ПОД АНТРОПОГЕННЫМ
ПРЕССОМ...

Пока численность человечества была еще не очень большой, а запас неиспользуемых земель — огромным, забрасываемые в залежь земли успевали восстановить свой почвенный покров. Но с увеличением численности населения осваивались все новые земли, пригодные для сельского хозяйства, и возможности для восстановления почв сокращались.

Сейчас население планеты превысило 6 млрд человек. Площадь, используемая под пашню, достигла 24 тыс. км² (17% от площади суши). Если учесть, что еще 30 тыс. км² (20%) от площади суши составляют пастбища и сенокосы (включая оленьи пастбища в тундре), то площадь земель, используемых человеком в сельском хозяйстве, превысила 50% общей площади почвенного покрова суши. Отметим, что 14 тыс. км² занимают ледники и вечные снега, 15 тыс. км² — песчаные и каменистые пустыни, 2 тыс. км² — внутриконтинентальные водоемы (в сумме — 20% от площади суши).

Некогда единая био-

сфера разделилась на две самостоятельные сферы: собственно биосфера, сохранившая природные экосистемы, и антропосфера, в которой биосфера в большей или меньшей степени преобразована человеком и, соответственно, преобразованы почвы. В антропосфере можно выделить агросферу (о ней говорилось выше) и техносферу. Первая начала формироваться, когда человек занялся сельским хозяйством, вторая — при урбанизации территории (строительстве городов) и возникновении промышленности.

Деятельность человека часто приводит к деградации почв. Развивается эрозия (смыв верхних слоев почвы), почвы загрязняются тяжелыми металлами, нефтепродуктами. При орошении происходит вторичное засоление почв. А бурые почвы Смоленской области образовались в результате эрозии дерново-подзолистых и имеют теперь смытый верхний гумусовый и частично подзолистый горизонт. Плодородие их снизилось. В дальнейшем распашка и внесение удобрений привели к формированию нового гумусового горизонта уже на базе остатков подзолистого с включением иллювиального горизонта. Аналогичная картина отмечается на равнинах Европы, где господствуют бурые суглинистые почвы. На Алтае в период освоения целины были распаханы солонцы. В первый (к тому же дождли-

вый) благоприятный для растений год был получен вполне приличный урожай. Но затем вывороченный на поверхность солонцовый горизонт сделал почвы совершенно бесплодными.

Есть и положительные примеры воздействия человека на почвы. Голландцы, осушая морское дно, превращают его в плодородные почвы, используя промывки от солей и внося удобрения. Оазисные поливные почвы Средней Азии – пример положительного влияния человека на почвенный покров. Огородные почвы среднерусской полосы – глубокогомусные, плодородные – также итог векового улучшения этих почв крестьянами. К сожалению, примеров деградации почв значительно больше. Деградируют после уничтожения леса ферраллитные (железистые) почвы тропиков. При иссушении они могут покрыться железистым панцирем. Засоляются при орошении каштановые и сероземные почвы степей и пустынь. Теряют свою агрегатную структуру, превращаясь в плотные почвы, черноземы при орошении их водой, содержащей соду.

Главный бич сельскохозяйственных почв – эрозия. Одновременная распашка почв приводит к синхронному пересыханию верхнего горизонта, а весенние ветры часто поднимают пересохшую пыль в воздух, перенося ее на десятки километ-

ров. В конце 50-х и 60-х гг. на юге России – в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях отмечались грандиозные пыльные бури. В настоящее время, по данным М.С. Кузнецова, во всем мире эрозией затронуты в разной степени до 500 млн га, при этом около 30 млн га уже превратились в бросовые земли, или бедленды.

Возле городов и дорог происходит разрушение почвенного покрова и его загрязнение. Но, в случае загрязнения почв, мы имеем дело с определенным парадоксом. Загрязнение почв создает, в первую очередь, опасность для человека. При выращивании на этих почвах продуктов питания по трофической цепи людям передаются тяжелые металлы и производные разных химикатов, попавших в почву. Но для биосферы загрязнение менее опасно. Так, после эвакуации населения из зоны радиационной опасности в районе Чернобыля биосфера стала возвращать свои позиции: восстанавливаются растительный покров и животный мир. Вредное действие загрязнения или не успевает проявиться, или дает быстрый летальный исход для организма-мутанта в условиях обычного дарвинского естественного отбора.

Чернобыльский опыт свидетельствует, что ошибки людей опасны прежде всего для них самих. Если микроорганиз-

мы живут уже 3,5 млрд лет, выдерживая всевозможные глобальные катастрофы, конкуренцию других видов организмов, обитая даже в горячих источниках и атомных реакторах, то можно с уверенностью сказать: с гибелью человека жизнь не прекратится... Таким образом, деградация почв, превращение природы в загрязненную окружающую среду – это смертельная опасность для человека, но не для биосферы в целом. Биосфера сможет восстановиться после того, как разрушится техносфера.

В мире нет альтернативы: биосфера или антропосфера (агросфера + техносфера). Есть другая: совместное существование биосферы и антропосферы или полная гибель антропосферы вместе с ее создателем – человеком. А функционирование биосферы наряду с антропосферой зависит от сохранения почвы, почвенного покрова. В то же время существование антропосферы также определяется активностью такой экологической функции почвенного покрова, как способность растений давать урожай в агроэкосистемах.

Очевидно, главная задача техносферы – рациональное распределение почвенных ресурсов между биосферой и техносферой, постоянная забота о восстановлении нарушенного почвенного покрова и увеличение плодородия почв в техносфере.

Памяти Виктора Викторовича Соболева



7 января 1999 г. на 84-м году жизни скончался Виктор Викторович Соболев, выдающийся российский ученый, один из крупнейших астрофизиков мира.

Может быть, не всем читателям журнала "Земля и Вселенная" известны результаты научных работ В.В. Соболева. Это объясняется тем, что он занимался, в основном, не изучением конкретных небесных тел, а исследованием сложных процессов взаимодействия излучения и вещества, происходящих в астрофизических объектах различных типов. А такие исследования почти не освещаются в научно-популярной литературе.

В.В. Соболев родился 2 сентября 1915 г. в Петрограде. Окончив среднюю школу, он поступил на математико-механический факультет Ленинградского университета, избрав своей специальностью теоретическую астрофизику, отрасль науки, находившуюся в тот период времени в процессе быстрого развития. Его учителем стал Виктор Амазаспович Амбарцумян, основоположник отечественной теоретической астрофизики, возглавлявший в университете основанную им кафедру астрофизики.

В 1938 г., после окончания университета, В.В. Соболев был принят в аспирантуру, которую проходил под руко-

водством В.А. Амбарцумяна. Кандидатская диссертация В.В. Соболева, защищенная в 1941 г., была посвящена физике газовых туманностей. В этой работе предложен новый метод определения температур газовых туманностей, основанный на использовании закона сохранения энергии для электронного газа, а также исследована роль светового давления в расширяющихся планетарных туманностях.

Закончив аспирантуру, В.В. Соболев остался работать в Ленинградском университете, с которым оказалась связанной вся его жизнь.

В годы войны он находился в городе Елабуге, куда эвакуировалось несколько университетских лабораторий и где образовался Елабужский филиал Ленинградского университета, в котором велись научно-исследовательские работы оборонного значения.

В 40-е годы В.В. Соболев создал теорию свечения движущихся оболочек звезд и применил ее к истолкованию спектров нестационарных звезд различных типов. Результаты этой работы были опубликованы в его книге "Движущиеся оболочки звезд" (1947 г.), написанной по материалам докторской диссертации. Разработанная им теория даже сейчас, через пятьдесят лет, широко используется в многочисленных работах отечественных и зарубежных астрофизиков при интерпретации спектров звезд типов Ве и Вольфа-Райе, новых и сверхновых, квазаров и других нестационарных космических объектов.

После защиты докторской диссертации (1946 г.) и получения звания профессора В.В. Соболев в 1948 г. был утвержден в должности заведующего кафедрой астрофизики Ленинградского университета, которую он возглавлял более 40 лет, до 1989 г. В течение длительного промежутка времени он читал в университете курсы теоретической астрофизики и теоретической физики. Важную роль в подготовке специали-

стов по астрофизике сыграла его книга "Курс теоретической астрофизики", написанная на основе его лекций и ставшая учебником для университетов. Этот учебник вышел в свет тремя изданиями (1967, 1972, 1985 гг.) и был переведен на английский и французский языки.

В.В. Соболев получил международное признание как выдающийся ученый в области теоретической астрофизики, разработавший в ней ряд новых направлений.

В.В. Соболевым были предложены новые методы решения задач переноса излучения, нашедшие свое применение не только в астрофизике, но и в геофизике, океанологии и других разделах физики. Он заложил основы теории переноса излучения в спектральных линиях с учетом перераспределения его по частоте, и дальнейшее ее развитие привело к построению современной теории звездных спектров. Он развил также теорию нестационарного поля излучения и теорию переноса поляризованного излучения. Результаты этих работ составили содержание его монографии "Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет" (1956 г.).

Большое внимание В.В. Соболев уделял разработке физики планетных атмосфер. Основным процессом, происходящим в них, является перенос излучения при анизотропном рассеянии. В.В. Соболев развил общую теорию этого процесса и применил ее к определению оптических свойств планетных атмосфер. Полученные им результаты вошли в его монографию "Рассеяние света в атмосферах планет" (1972 г.).

Обе эти монографии, как и другие его книги, были переведены на английский язык.

В результате деятельности В.В. Соболева сформировалась возглавлявшаяся им крупная научная школа астрофизиков-теоретиков. Его многочисленные ученики работают в различных научных учреждениях как в нашей стра-

не, так и за рубежом. В 1958 г. В.В. Соболев стал членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1981 г. – академиком, а в 1985 г. ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Многогранной была и деятельность В.В. Соболева в Академии наук. Он возглавлял Комиссию по физике звезд и туманностей Астрономического совета АН СССР, Совет по подготовке астрономических кадров, Комиссию по тематике шестиметрового телескопа, был председателем Объединенного научного совета по проблеме “Астрономия”. На протяжении многих лет академик В.В. Соболев был одним из самых активных

членов редакционной коллегии журнала РАН “Земля и Вселенная”.

В последние годы жизни В.В. Соболев много энергии затратил на создание ныне находящейся в печати коллективной монографии “История астрономии в России и СССР”, будучи ответственным редактором и одним из авторов этой книги.

Кончина Виктора Викторовича Соболева – невосполнимая утрата для российской и мировой науки.

*А.К. КОЛЕСОВ,
доктор физико-математических наук
Астрономический институт С.-Петербургского
государственного университета*

НОВЫЕ КНИГИ

Воспоминания об академике В.П. Глушко

К юбилею основоположника отечественного ракетного двигателестроения академика Валентина Петровича Глушко (1908-1989 гг.) выпущена книга мемуаров («Однажды и навсегда... Документы и люди о создателе ракетных двигателей и космических систем академике В.П. Глушко», М., «Машиностроение», 1998 г.). На основе архивов и рассказов ветеранов ракетно-космической техники прослежен его творческий и жизненный путь.

Книга состоит из двух частей. В первой – «Человек среди людей», показываются годы юности и драматические события 1938-44 гг. из жизни одного из пионеров ракетостроения. Документы, в том числе из архивов НКВД, рассказывают об аресте и осуждении В.П. Глушко, его последующей работе в спецотделе моторостроительного завода в Казани. Несколько глав



книги составляют воспоминания близко знавших и работавших с ним людей в разные периоды его жизни.

Вторая часть «Ракеты пламенный мотор (очерки истории ГДЛ-РНИИ-ОКБ-НПО Энергомаш)» написана заместителем генерального конструктора Научно-производственного объединения «Энергомаш» В.Ф. Рахманиным на основе документальных сведений. Много внимания автором уделено

тому, как развивалась техническая мысль В.П. Глушко за 60 лет напряженного труда по созданию жидкостных ракетных двигателей, ставших этапными работами в мировом ракетостроении. Здесь рассказано о последних 15 годах жизни академика, когда он возглавлял НПО «Энергия». Показан его творческий вклад в совершенствование пилотируемых кораблей и орбитальных станций.

В книге хорошо отражена история создания многоразовой космической системы «Энергия-Буран» с самым мощным в мире ЖРД – вершина конструкторской деятельности В.П. Глушко, ставшая наиболее впечатляющим достижением конца 1980-х гг.

Научно-техническое наследие и жизненный путь академика В.П. Глушко исследованы еще далеко не полностью. Поэтому выход книги об этом удивительном человеке поможет разобраться в исторических перипетиях развития космонавтики. Многие снимки публикуются впервые. Книга рассчитана на широкий круг читателей – в ней можно почерпнуть много интересных сведений и познакомиться с ранее недоступными материалами.

Коллоквиум по проблеме гамма-всплесков

Одна из самых интересных загадок астрофизики второй половины XX в. — **космические гамма-всплески**. Открыты они были в 60-е гг. на спутниках Vela. Однако, несмотря на более чем 30-летнюю историю изучения, до сих пор нет единого мнения о природе источников этих всплесков. Но в последнее время, в основном благодаря работе итало-голландского спутника ВерроSAX, удалось существенно продвинуться в понимании этого феномена.

В мае 1997 г. в ГАИШ МГУ под эгидой семинара ОСА (Общесмоковский Семинар Астрофизиков) прошел первый коллоквиум по проблеме гамма-всплесков, в котором приняло участие много российских ученых. Было прочитано около 10 докладов. Состоявшийся 13 ноября 1998 г. второй коллоквиум **“Гамма-всплески и связанные с ними явления”** оказался много более представительным. Организацией и проведением этого коллоквиума (как и первого) руководил профессор В.М. Липунов. Благодаря помо-



щи федеральной программы “Интеграция” в нем смогли принять участие коллеги из Петербурга. Присутствовало более 60 исследователей из ГАИШ, АКЦ ФИАН, ИКИ, САО РАН, ГАО РАН, Физикотехнического института им. Иоффе, МИФИ, НИИ-ЯФ МГУ, АО СРб ГУ и других учреждений. С докладами выступили представители всех исследовательских групп России, занимающихся гамма-всплесками. На коллоквиуме прозвучало 20 докладов, а также несколько кратких сообщений. Не только среди слушателей, но и среди соавторов докладов были и студенты, только начинающие (причем успешно) свою научную деятельность.

После вступительных

Символ Второго коллоквиума по проблеме гамма-всплесков, состоявшегося в ГАИШ МГУ 13 ноября 1998 г. — ОСА (Общесмоковский Семинар Астрофизиков)

слов член-корреспондента РАН А.М. Черепашука и профессора И.Л. Розенталя (уже эти выступления вызвали дискуссию!) прозвучал доклад М.А. Лившица и А.Б. Струминского “Гамма-всплески от Солнца и поздних звезд”. Солнечные вспышки, в которых выделяется энергия порядка 10^{31} эрг, порождают всплески гамма-излучения, наблюдающиеся на космических аппаратах (например, российском спутнике ГРАНАТ). Некоторые звезды поздних спектральных классов также служат источниками гамма-всплесков, при которых выделяется еще большая энергия. Конечно, космические гамма-всплески, намного более мощные, относятся к другому классу явлений, но изучение всплесков от Солнца и звезд позволяет понять некоторые аспекты и космических всплесков.

Были доклады, в которых обсуждались достаточно экзотические сценарии образования всплесков. Например, доклад И.В. Белоусовой и И.Л. Розенталя о кварковой структуре черных дыр и доклад доктора физико-математических наук Ю.Н. Гнедина "Коллапс аксионного миникластера – возможная модель гамма-всплеска".

Два доклада были посвящены проблеме гравитационного линзирования гамма-всплесков. Пока, к сожалению, явных случаев линзирования не обнаружено, как отметил в своем докладе доктор физико-математических наук Б.В. Комберг.

Во **второй части коллоквиума** (а всего их было пять) прозвучали доклады группы исследователей из САО РАН и их коллег из Финляндии и Италии. Группа из САО, наблюдающая на 6-м телескопе БТА, получила серию наблюдений оптического послесвечения одного из гамма-всплесков, а также изучила галактику, в которой произошло это событие. Это одна из лучших и наиболее цитируемых работ российских наблюдателей за последнее время. Доклады вызвали много вопросов, что связано с чрезвычайной важностью наблюдений и высоким качеством результатов. Хочется пожелать, чтобы к ним подключились наблюдатели из российских институтов (об этом много говорилось в заключительной дискуссионной части коллоквиума).

Ю.Н. Гнедин рассказал о трех международных наблюдательных проектах, посвященных поиску сверхновых, в двух из которых участвуют пулковские астрономы. Эта тема имеет отношение к обнаружению оптических двойников гамма-всплесков. Затем состоялся доклад о наблюдениях на 6-м телескопе пульсара PSR B0656 + 14 и протяженных объектов в его окрестности.

Важно, что большое количество докладов было посвящено **наблюдениям гамма-всплесков**. Это значит, что несмотря на непростую ситуацию в стране, отечественная наблюдательная астрономия способна давать результаты мирового уровня.

Третья часть коллоквиума, для многих наиболее интересная, была посвящена наблюдениям гамма-всплесков на спутниках. В одном из докладов речь шла об эксперименте "Гриф" на орбитальной станции "Мир", в котором исследовались наиболее слабые источники гамма-излучения. Три доклада представлены самой известной российской группой наблюдателей космических гамма-всплесков – группой Е.П. Мазеца из Физико-Технического института им. Иоффе в Санкт-Петербурге. Р.Л. Аптекарь рассказал об исследованиях гамма-всплесков на космических аппаратах "Винд" и "Космос-2326" в 1994-98 гг. С.В. Голенецкий – об энергетических спектрах гамма-всплесков, их переменности и

особенностях. А в докладе Д.Д. Фредерикса рассказывалось о гигантских вспышках мягких гамма-репиторов (источников повторяющихся гамма-всплесков, имеющих относительно мягкий спектр).

Затем Р.А. Буренин представил доклад о корреляции космических гамма-всплесков с активными ядрами галактик, которая была обнаружена группой исследователей из ИКИ (Р.А. Буренин, А.А. Вихлинин, О.В. Терехов, С.Ю. Сазонов) и краткое сообщение о наблюдении рентгеновского послесвечения одного из гамма-всплесков, выполненном группой российских, немецких и французских ученых на приборе СИГМА. Завершал эту часть коллоквиума короткий доклад Д.А. Компанейца с соавторами об исследовании свойств слабых гамма-всплесков, зарегистрированных прибором BATSE на космической обсерватории им. Комптона.

В **четвертой части** коллоквиума акцент сделан на теоретических исследованиях. Доклад С.И. Блиникова, А.В. Козыревой (студентки ГАИШ) и И.Е. Панченко был посвящен исследованию спектров гамма-всплесков. Затем В.М. Липунов сделал сообщение о работе, выполненной им совместно с И.Е. Панченко, К.А. Постновым и М.Е. Прохоровым, "Гамма-всплески и тип родительской галактики: модель сливающихся нейтронных звезд". В его докладе рассматривались ре-

зультаты моделирования частоты слияния компонентов в двойных системах из нейтронных звезд и черных дыр в галактиках различных типов и при различных параметрах звездной эволюции. Именно такие слияния, по-видимому, и приводят к гамма-всплескам.

Взаимосвязь гамма-всплесков и областей звездообразования рассмотрел профессор Ю.Н. Ефремов.

Доклад доктора физико-математических наук Г.С. Бисноватого-Когана был посвящен рассмотрению послесвечения гамма-всплесков в модели близких нейтронных звезд. Завершил эту часть коллоквиума доклад А. Позаненко о временных характеристиках гамма-всплесков.

Заключительное заседание было отведено общей дискуссии, которой предшествовали краткие

сообщения А.Н. Тимохина и Б.А. Трубникова.

По общему мнению коллоквиум прошел чрезвычайно успешно. Удалось услышать, высказать и обсудить разные мнения об одном из наиболее интересных астрофизических явлений.

*С.Б. ПОПОВ
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ*

Информация

Радио- и рентгеновские пульсары

Пульсары, излучающие только в диапазоне рентгеновских лучей, считаются аномальными рентгеновскими пульсарами (АРП), в отличие от тех, что излучают также и в радиодиапазоне. Открытие магнетаров – очень сильно намагниченных звезд – проливает свет на природу этих немногочисленных объектов. Оно также имеет отношение к другому небольшому классу высокоэнергичных источников излучения – повторных источников мягкого гамма-излучения.

Предполагается, что оба типа объектов – нейтронные звезды, возникшие сравнительно недавно, с очень сильным магнитным полем, достигающим квадриллиона гаусс – 10^{15} Гс. Происходящие время от времени «звездотрясения» –

разломы твердой корки нейтронной звезды сопровождаются всплесками гамма-излучения. Такая стадия длится около 10000 лет. Затем звезда переходит в стадию аномального рентгеновского пульсара, длящуюся примерно столько же времени. Вследствие столь короткого времени жизни эти объекты крайне редки. Пока известно 6 АРП с периодами от 6 до 12 с. Сильное магнитное поле способствует более быстрому замедлению вращения, чем у обычных пульсаров.

Ученых давно интриговал вопрос: почему так мало пульсаров найдено в остатках сверхновых. Ведь по обычным представлениям в большинстве случаев на месте сверхновой остается нейтронная звезда, которая должна излучать в радиодиапазоне. Остатков сверхновых известно около 300, и только в четырех из них ранее были найдены радиопульсары. За последние годы с помощью японо-американского спутника ASCA в остатках сверхновых найдено три аномальных рентгеновских пульсара.

Такая статистика свидетельствует, что образование радиопульсара – скорее исключение, чем правило. В большинстве случаев новая нейтронная звезда обладает сверхсильным магнитным полем, в сотни раз более сильным, чем у известных радиопульсаров. Частицы материи, движущиеся по магнитным силовым линиям и нагретые до высоких температур, излучают в рентгеновском диапазоне. Сильное магнитное поле препятствует образованию электронов, способных излучать в радиодиапазоне. Магнитное поле также вовлекает во вращение частицы среды, окружающей нейтронную звезду, на что тратится энергия вращения. Поэтому период рентгеновского пульсара быстро увеличивается.

Радиопульсары появляются только в том случае, если звезда до коллапса не имела значительного магнитного поля.

*Marshall Space Flight Center
Space Science news release 30 Sept.
1998
New Scientist magazine, issue 3rd
October 1998*

Новый этап деятельности Академии космонавтики

Академия космонавтики им. К.Э. Циолковского (АКЦ) основана 28 марта 1991 г. (Земля и Вселенная. 1992, № 1, с. 67-68 и № 2, с. 45; 1993, № 3, с. 50-55). Эта самоуправляемая научно-общественная организация России проводит многопрофильную научную работу и решает задачи использования накопленного в современной космонавтике научно-технического, социально-экономического и интеллектуального потенциалов в интересах развития страны и международного сотрудничества.

АКЦ имеет разветвленную структуру и региональные отделения: Московское (городское и областное), Северо-западное (Ленинградское), Поволжское, Тверское, Уральское и Черноморское. В странах СНГ и бывших странах народной демократии созданы и функционируют Научные центры – члены Академии в Грузии, Молдове, Румынии и на Украине. В 1999-2000 гг. планируется создать такие центры в Австрии, Белоруссии, Германии, Италии, Китае, Казахстане, США, Франции и др. странах. В перспективе ставится задача создать, наряду с Российской, Международную Академию космонавтики им. К.Э. Циолковского.

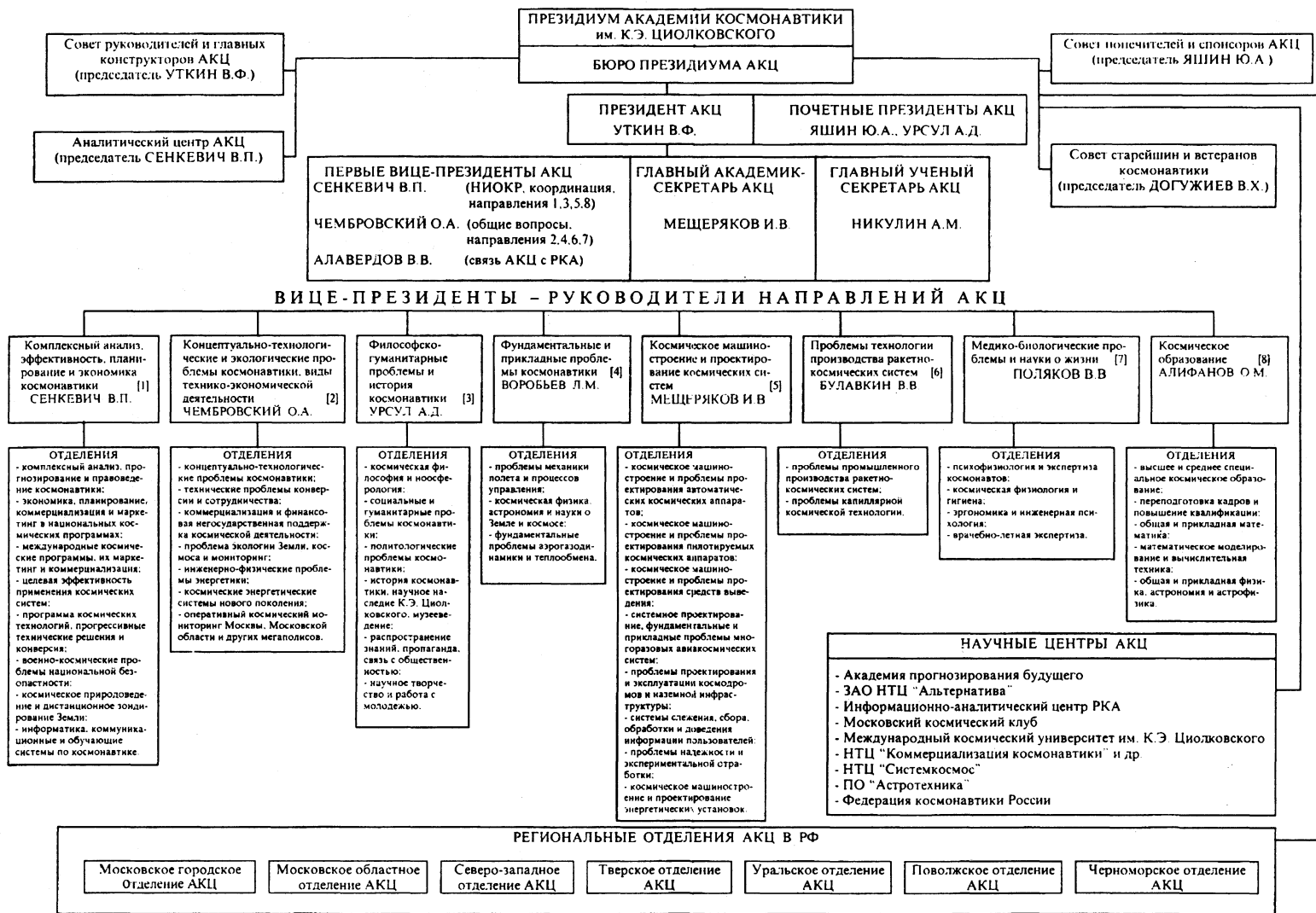
Сегодня Академия – крупнейшая и единственная в стране организация в области космонавтики, объединяющая действительных членов Российской академии наук, других отраслевых и международных академий, практически всех руководителей научных организаций, генеральных и главных конст-

рукторов, директоров фирм и корпораций, негосударственных структур, космонавтов, ведущих ученых и специалистов ракетно-космической промышленности и конверсионных предприятий.

В ее составе более 75 академиков и членов-корреспондентов Российской академии наук и международных академий, более 600 докторов наук и профессоров, высококвалифицированных преподавателей вузов. Общее число почетных академиков, действительных членов и членов-корреспондентов Академии – около 1000 человек. При Академии функционируют специальные научные центры, региональные отделения и организации – коллективные члены. АКЦ получила признание в стране и за рубежом. В ее рядах свыше 100 иностранных членов из более чем 20 стран.

В настоящее время организации АКЦ представляют собой достаточно разветвленную структуру, возглавляемую Президентом и Почетными президентами, сделавшими много для ее создания и становления. В нее входят первые вице-президенты, вице-президенты, представители восьми научных направлений, главный академик-секретарь и главный ученый секретарь, академики-секретари почти 50 научных отделений. В Академии функционируют Аналитический центр, Совет руководителей и главных конструкторов АКЦ, Совет старейшин и ветеранов космонавтики.

В 1992-98 гг. по заказам РКА, Министерства обороны и РАН выполнены исследования свыше 50 научно-исследо-



вательских и опытно-конструкторских работ, проведено свыше 24 научно-технических экспертиз, в том числе 7 – для правительственных органов. Академики сделали 1300 научных докладов на национальных и международных конференциях, конгрессах, симпозиумах и научных чтениях.

Членами АКЦ проведен цикл работ по научно-техническому творчеству молодежи, космическому образованию и историческим исследованиям, получено 90 патентов на изобретения в области высоких технологий.

Бюджет Академии формируется из индивидуальных и коллективных взносов спонсоров, средств от контрактов в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, экспертной деятельности, взносов членов Академии. Бюджет расходуется на выполнение поисковых работ, проведение конференций, симпозиумов, семинаров, издание научной, учебной, информационно-справочной литературы.

В сложных условиях экономического положения космонавтики России обновленное руководство Академии интенсифицировало деятельность всех ее структурных подразделений. 6 апреля 1998 г. в зале Мемориального музея космонавтики состоялось заседание бюро Президиума, принявшее постановление по докладу ее Президента – академика РАН В.Ф. Уткина, утвердив план работ на 1998-2000 гг. Планом предусмотрены следующие основные направления деятельности Академии:

- проведение работ по заказам РКА, РАН, МО, МИД и др. ведомств совместно с организациями научно-проектного комплекса страны – коллективными центрами АКЦ; комплексный анализ и прогнозирование планирования космонавтики;
- системные и проектные исследования перспективных космических средств научного, социально-экономического и двойного назначения;
- участие в разработке отечественных и международных космических программ, новых прикладных и конверсионных технологий;
- научно-техническая экспертиза перспективных космических проектов и

программ и подготовка заключений, рекомендаций и предложений по различным аспектам космической деятельности.

АКЦ подготовила для Российского космического агентства, Президента России, Правительства и Федерального собрания РФ рекомендации и предложения по различным направлениям космической деятельности. Предполагается увеличить число филиалов и научных центров, усилить работы с негосударственными заказчиками, как отечественными, так и с зарубежными. Необходимо привлечь к работе новых инвесторов, заинтересованных в приобретении новых разработок Академии непосредственно в области космонавтики и для конверсионного использования.

АКЦ принимает активное участие в разработке международных космических и экологических программ, обеспечивающих модель устойчивого развития человечества в XXI веке, занимается организацией международных и национальных конференций, симпозиумов, конгрессов, выставок и конкурсов по космонавтике. Результаты деятельности АКЦ регулярно публикуются в научных трудах и журнале Академии, что позволяет знакомить с ее деятельностью широкие слои общества. Итогом деятельности АКЦ может стать ее преобразование в Российскую, а затем и Международную Академию космонавтики.

Многое сделано в 1998 г. Например, Академией организованы международные семинары “Роль космонавтики в решении задач устойчивого развития” и “Космические проекты XXI века”, доклады на научных чтениях в Гагарине, Москве, Калуге, Рязани и на международной конференции в г. Королеве.

23 сентября 1998 г. в Российском космическом агентстве состоялось заседание Президиума Академии, на котором по докладу первого вице-президента АКЦ В.П. Сенкевича было принято постановление о текущих итогах и задачах ее деятельности, дополнение к плану работ на 1998-2000 гг. В нем предусматривается разработать комплекс организационно-технических мероприятий создания межрегиональной инте-

гальной информационной системы в интересах пользователей, привлекать международные научные и общественные организации к работе АКЦ (дальнейшая интеграция в международные программы и проекты, в том числе в рамках ООН), участвовать в международной конференции "GLONIS 3000" (март 1999 г., Рим). Предполагается провести комплекс мероприятий по приданию АКЦ статуса ассоциированного члена ООН, участвовать в международной выставке "Ведомственные и корпоративные системы связи-98" с демонстрацией отечественной системы управления сверхбольшими базами данных "Hi-Tech", создать корпоративную информационную систему на базе программного продукта "Hi-Tech" с использованием информационных ресурсов подразделений АКЦ и предприятий отрасли, совершенствовать работы по научно-техническому творчеству молодежи в области космонавтики и астрономии с применением современных информационных технологий. Предполагается усовершенствовать деятельность в области распространения знаний по космонавтике и астрономии, возрождать нравственные основы и духовность, пропагандировать достижения отечественной космонавтики с применением современных методов телеком-

муникаций и средств массовой информации, создать сайт АКЦ во всемирной сети Internet, повысить роль ветеранов в работе с молодежью.

Придавая большое значение вопросам космического образования, Президиум АКЦ в 1998 г. создал направление – "Космическое образование", возглавляемое вице-президентом АКЦ академиком О.М. Анфимовым. Крупнейшая общественная организация по работе с молодежью и ветеранами – Федерация космонавтики России, которая также проводит научные исследования по истории, стала Национальным центром – коллективным членом АКЦ по этим вопросам.

Расширению контактов и привлечению иностранных общественных организаций к работе Академии способствовали поездки руководителей АКЦ в октябре 1998 г. в Румынию и Молдавию. Подписанные планы и соглашения на 1998-2000 гг. показали взаимную заинтересованность в дальнейших совместных работах.

*И.В. МЕЩЕРЯКОВ,
главный академик-секретарь АКЦ,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук
В.П. СЕНКЕВИЧ,
первый вице-президент АКЦ,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук*

Информация

Юкатанский метеорит вызвал биосферную катастрофу

При бурении летом 1997 г. осадочных пород в районе Атлантик-Сити геологи из Ратгерского университета (Пискатауэй, штат Нью-Джерси, США) получили колонки грунта. В них среди отложений, образующих границу между меловым и третичным периодами (около 65 млн лет назад), обнаружен необычно мощный слой выброшенных при падении метеори-

та пород, равного которому не найдено пока еще нигде. Мощность слоя достигает 6 см. В нем содержится множество микроскопических шариков. Они, по мнению специалистов, являются остатками породы, расплавленной при взрывном ударе некоего небесного тела. Слои осадочных пород в этом районе насыщены остатками мельчайших организмов, существовавших до и после катастрофы. Это позволяет уточнить датировки этого важнейшего в жизни Земли события.

Предполагают, что тогда упал гигантский метеорит в районе п-ова Юкатан (южная часть Мексики). Обломки выброшенных геологических пород сначала заполнили атмосферу, а затем осели,

образовав характерный слой, находимый при бурении в различных регионах Земли. Изменения природных условий были столь значительны, что могли вызвать гибель динозавров и множества представителей фауны и флоры.

Доклад об этих исследованиях на конференции Американского геофизического Союза, проходившей в Балтиморе (штат Мэриленд), вызвал активную дискуссию. Некоторые ученые пытались доказать, что падение небесного тела в Юкатане произошло на несколько сотен тысяч лет раньше, чем вымирание фауны и флоры мелового периода и поэтому не могло послужить его причиной.

Science New, 1997, 151, 373

Самое далекое скопление галактик

Орбитальная обсерватория им. Эйнштейна в 1978–81 гг. провела обзор неба в рентгеновских лучах, по материалам которого был составлен каталог далеких скоплений галактик. Внимание сотрудницы Научного института Космического телескопа (STScI) Меган Донахью привлекло одно из этих скоплений MS1054–0321, показавшееся ей самым далеким скоплением каталога. Оценка расстояния (8 млрд св. лет или 2500 Мпк) была подтверждена членом ее исследовательской группы Изабеллой Джоной по наблюдениям на франко-канадском телескопе на Гавайях. При изучении скопления использовали также наблюдения, выполненные двумя рентгеновскими спутниками ASCA и ROSAT в 1995–96 гг.

Исследуемое скопление преподнесло сюрпризы. Предоставим слово Донахью: “Когда я начинала изучать скопление, я ожидала увидеть кучу холодных комков, как это следует из нынешней теории эволюции скоплений, согласно которой для роста скоплений нужно очень много времени. Вместо этого я нашла резкое, горячее, хорошо структурированное облако галактик”.

Рентгеновские наблюдения позволяют оценить количество газа в скоплении и его температуру. Чтобы этот газ не ушел из скопления, его масса должна составлять $10^{15} M_{\odot}$, в несколько тысяч раз больше массы нашей Галактики. При этом оценка доли светящейся материи показала, что она составляет $\approx 1/10$ от массы скопления.

Наблюдения этого массивного, хорошо сформированного скопления в его далеком прошлом (ведь мы его видим так, как оно было 8 млрд лет назад), а также анализ четырех других менее далеких, но почти столь же массивных, позволяют сделать некоторые космологические выводы.

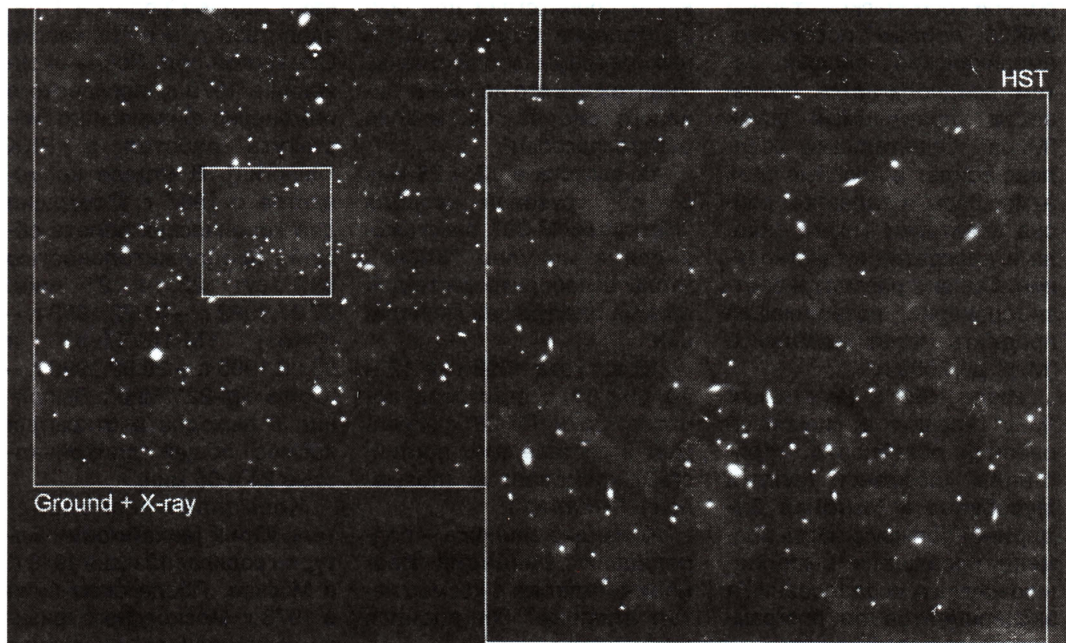
Облака галактик значительно замедлили темп роста в последние пять миллиардов лет, а этот рост сильно зависит от того, сколько материи имеется в пространстве. В плотной Вселенной скопления галактик росли бы постоянно, становясь со временем все массивнее. Наблюдаемое замедление роста свидетельствует, что во Вселенной недостаточно массы, чтобы остановить ее нынешнее расширение.

Предполагается дальнейшее детальное исследование скопления с помощью Космического телескопа им. Хаббла, с помощью которого в 1996 г. в нем уже была обнаружена сверхновая, 1996CL. Это пока самая дальняя известная сверхновая, на полпути через Вселенную.

STScI news release, Aug. 20, 1998

Далекое скопление галактик MS1054-0321. Расстояние 8 млрд св. лет

Снимок с космического телескопа им. Хаббла



Полет станции “Мир” продолжается

(2-е полугодие 1998 г.)*

По решению Российского космического агентства, дальнейшая эксплуатация постоянно действующего пилотируемого орбитального комплекса “Мир” прекращается в конце 1999 г. из-за сложного финансового положения космической отрасли. Планируется осуществить на станции еще две основные экспедиции, прежде чем начнут работы на Международной космической станции (МКС) первые российско-американские экипажи. Затем предполагается произвести управляемый спуск “Мира”. Орбитальный комплекс войдет в плотные слои атмосферы в заданном районе акватории Тихого океана и прекратит существование. Однако рассматривается сценарий, позволяющий продлить полет комплекса “Мир” до 2002 г.

Июль 1998 г. на станции “Мир” прошел в спокойной рабочей обстановке. “Кристаллы” (позывной **Талгата Мусабаева** и **Николая Бударина**) большую часть времени посвящали выполнению научных исследований и экспериментов по програм-

ме 25-й основной экспедиции и программе “Полет М-2”, подготовленной казахстанскими учеными.

Т. Мусабаев в августе во время телевизионного сеанса связи с Центром управления полетом ответил, что техническое состояние ОК “Мир” сейчас гораздо лучше, чем в 1994 г.: “Состояние комплекса настолько благоприятно, что сейчас нет никаких препятствий для осуществления больших научных программ любой страны. Уничтожать его не имеет никакого смысла. Он вполне работоспособен”.

12 августа в 12 ч 28 мин 55 с** грузовой корабль “Прогресс М-39” расстыковался с модулем “Квант”, чтобы освободить место для приема следующей экспедиции.

13 августа 1998 г. в 12 ч 43 мин 11 с стартовал корабль “Союз ТМ-28” с экипажем в составе трех российских космонавтов (позывной – “Альтаир”).

Командир экипажа – подполковник **Геннадий Иванович Падалка** в космос летел впервые. Он родился

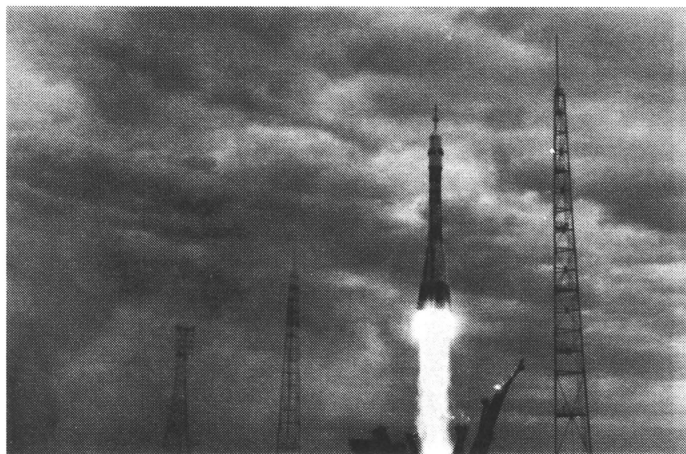
21 июля 1958 г. в Краснодаре. В 1979 г. окончил Ейское высшее военное авиационное училище. Служил в частях ВВС, общий налет на различных типах самолетов составил свыше 1300 часов, совершил более 300 прыжков с парашютом. Военный летчик 1-го класса. В отряде космонавтов с 1989 г.

Бортинженер – космонавт 2-го класса **Сергей Васильевич Авдеев** родился 1 января 1956 г. в г. Чапаевске Самарской обл. После окончания в 1979 г. Московского инженерно-физического института работал в РКК “Энергия”. В отряде космонавтов с 1987 г. Совершил два космических полета общей продолжительностью 367 сут 23 ч 21 мин: 27.07.1992 г. – 01.02.1993 г. – “Союз ТМ-15”/“Мир” и 03.09.1995 г. – 29.02.1996 г. – “Союз ТМ-22”/“Мир”. Выполнял 6 выходов в открытый космос общей длительностью 24 ч 06 мин.

Космонавт-исследователь **Юрий Михайлович Батурин** родился 12 июня 1949 г. в Москве. После окончания в 1973 г. Московского физико-технического института стал работать в ЦКБ экспериментального машиностро-

*Продолжение. Начало см.: 1997, №№ 3 и 6; 1998, №№ 2 и 6.

**Далее везде приведено декретное московское время.



Старт космического корабля "Союз ТМ-28" 13 августа 1998 г.

ения (ныне РКК "Энергия"). В 1980 г. окончил Юридический институт, перейдя на научную работу в Институт государства и права АН СССР. Он доктор юридических наук. В 1981 г. окончил факультет журналистики МГУ. Был постоянным консультантом телевизионной программы "Итоги". В период 1993-97 гг. работал помощником Президента по правовым вопросам, национальной безопасности, секретарем Совета обороны РФ, сотрудником администрации российского Президента. Действительный государст-

венный советник РФ 1-го класса. К первому космическому полету начал готовиться с 1997 г.

В программе работы на борту ОК "Мир" для космонавта-исследователя были запланированы 16 экспериментов. Среди них "Интерфейс" (оценка навыков работы с моделью подстилающей поверхности Земли), "Линза" (наблюдение и фотосъемка глубоководного океанического дна), "Инфразвук" (акустические измерения уровня шумов в отсеках станции), "Виток" (изучение возможности космонавта

выполнять задачи операторской деятельности, начиная с первых витков полета), медико-биологический "Регуляция" и биотехнологические эксперименты.

15 августа выполнена стыковка с комплексом "Мир". Сближение корабля проходило в автоматическом режиме. Но на расстоянии 10-12 м от станции возникли небольшие рассогласования угловых координат стыковки, поэтому было принято решение о переходе корабля на ручной режим управления.

Обычно, когда используют ручное управление, корабль тормозят и отводят немного назад, и лишь затем приступают к стыковке. В данном случае "Союз ТМ-28" медленно (со скоростью менее 0,1 м/с) приближался к цели. Геннадий Падалка спокойно, как на тренажере, управлял кораблем. "Мишень в центре, кресты собраны, — докладывал он. — Есть касание!" Это произошло в 13 ч 56 мин 52 с.

Сергей Авдеев третий раз прилетает на станцию "Мир". И после "вплывтия" внутрь станции, оглядываясь, делится своими первыми впечатлениями: "Приятно встретить старый дом... Многое здесь мне знакомо..."

Смена экипажей на станции проходила очень напряженно, не хватало времени. Все сеансы связи были заняты переговорами со специалистами и потоком переда-



Экипаж КК "Союз ТМ-28": бортинженер С.В. Авдеев, командир Г.И. Падалка и космонавт-исследователь Ю.М. Батулин. Фото С.А. Герасютина

После приземления экипажа корабля "Союз ТМ-27" 25 августа 1998 г.: Н.М. Бударин, Т.А. Мусабаев и Ю.М. Батурин. Фото ЦПК

ваемых на борт пакетов информации.

19 августа состоялась пресс-конференция экипажей. Отвечая на вопросы журналистов, Т. Мусабаев сказал, что уже передал смену новому экипажу и познакомил космонавтов со всей научной аппаратурой, которая есть на станции. Экипажи провели совместный эксперимент "Релаксация" по изучению выхлопов, образующихся при работе двигателей корабля. Г. Падалка добавил, что начали эксперимент "Ионозонд", в котором исследуется структура ионосферы методом импульсного зондирования. Состояние станции "Мир" командир нового экипажа оценил как хорошее — системы работают отлично, условия для работы вполне комфортные. По мнению Ю. Батурина, станция "Мир" — это чудо XX века, и, наверное, нескоро удастся повторить данное достижение.

Прямой диалог с космонавтами пока доступен узкому кругу лиц. Но использование современных коммуникационных средств позволяет существенно его расширить. 20 августа состоялась первая экспериментальная пресс-конференция с новыми средствами связи. Несмотря на то, что адрес в сети "Интернет" был обнаружен только за сутки до ее начала, поступило более 150 вопросов. Отвечали на них все пятеро космонавтов, Генеральный директор и Генеральный конструктор РКК "Энергия" Ю.П. Семенов.



25 августа "Кристаллы" покинули станцию "Мир". Вместе с ними на Землю вернулся и Юрий Батурин. Расстыковка корабля "Союз ТМ-27" от станции была произведена в 5 ч 04 мин 58 с, а спускаемый аппарат корабля приземлился в 8 ч 22 мин 44 с. Продолжительность полета Т.А. Мусабаева и Н.М. Бударина составила 207 сут 12 ч 49 мин 02 с, а Ю.М. Батурина — 11 сут 19 ч 39 мин 33 с. В ходе 25-й основной экспедиции Т. Мусабаев и Н. Бударин совершили 5 выходов в открытый космос общей длительностью 30 ч 14 мин.

27 августа "Альтаиры" выполнили перестыковку своего корабля "Союз ТМ-28" с модуля "Квант" на переходной отсек станции. Отделение корабля от комплекса "Мир" произошло в 8 ч 47 мин, а касание — в 9 ч 07 мин 09 с. 1 сентября в 8 ч 34 мин 58 с грузовой корабль "Прогресс М-39", находившийся в автономном полете, снова пристыковался к модулю "Квант".

Первая половина сентября у "Альтаиров" была занята подготовкой к работам в разгерметизированном модуле "Спектр". Выход осуще-

ствлялся через переходной отсек. Отсек находится в центре многомодульного комплекса и служит перекрестком, где проходят коммуникации, связывающие все отсеки.

Анатолий Соловьев и Павел Виноградов, которым дважды приходилось открывать люк в разгерметизированный "Спектр", говорили, что лучше три выхода через шлюзовую отсек, чем один через переходной отсек.

15 сентября у "Альтаиров" был первый из двух запланированных выходов в закрытый и открытый космос. "Закрытым космосом" стали называть разгерметизированный модуль "Спектр". Цель первого выхода — проверить электрические разъемы в цепи управления ориентацией солнечных батарей. Предполагалось, что произошла самопроизвольная расстыковка разъемов. Это стало причиной неуправляемости панелей солнечных батарей и привело к потерям электроэнергии.

Крышку люка в "Спектр" космонавты открыли в 23 ч 00 мин и сразу приступили к работе. Через 7 мин сеанс связи закончился. Когда станция

“Мир” снова вошла в зону связи, командир экипажа доложил, что все работы выполнены, а люк закрыт в 23 ч 30 мин. Вместо трех часов “Альтаиры” выполнили все работы за 30 мин.

В конце сентября космонавты смонтировали установку “Волна-2А”. На ней осуществляется моделирование гидродинамических процессов и теплообмена в топливных баках. Проведение исследований планировалось на две недели. Сначала космонавты должны были работать с моделями топливных баков разгонного блока ракеты-носителя для проекта “Морской старт”, а затем с сепаратором установки для получения кислорода “Электрон”. Однако этот эксперимент, включая монтаж установки “Волна-2А”, космонавты выполнили за неделю и передали в ЦУП видеозаписи полученных результатов. Специалисты после анализа информации признали проведение эксперимента успешным и разрешили демонтировать установку.

В октябре космонавты приступили к проведению серии экспериментов на технологической установке “Оптизон” по программе “Самораспространяющийся высокотемпературный синтез”. В установке с помощью ламп накаливания поджигался металлический порошок, в результате чего получалась новая структура металлов. Созданные образцы представляют несомненный интерес для дальнейшего изучения в земных лабораториях.

“Альтаиры” собрали установку “Скорость” с целью исследования процессов горения в невесомости, на которой провели ряд экспери-

ментов с различными материалами.

Как-то нынешнего командира 26-й экспедиции спросили: “В России сейчас кризис. А как он отражается на вас?” Геннадий Падалка, не задумываясь, тут же дал простой и понятный всем ответ: “Вместо двух положенных грузовых кораблей к нам придёт только один. И мы ограничены в получении научной аппаратуры, в выполнении той программы, которая была ранее запланирована”.

Запуск единственного грузового корабля для обслуживания экипажа экспедиции неоднократно откладывался. С августа его перенесли на 15 октября, а потом на 25-е. Причина была в том, что заказчик ракет-носителей для запуска кораблей – Российское космическое агентство – не всегда в состоянии оплатить их изготовление. В конце концов ракету “Союз” выделили.

Она стартовала **25 октября** в 7 ч 14 мин 57 с, запустив на орбиту грузовой корабль “Прогресс М-40”. 26 октября в 2 ч 03 мин 24 с корабль “Прогресс М-39” отстыковался от станции и освободил стыковочный узел на модуле “Квант”. Прежде чем “грузовик” отправить в автономный полет, с ним провели отработку режимов управления, которые будут использоваться в эксперименте “Знамя-2.5” (кратковременное освещение отраженным солнечным светом участка поверхности Земли). К сожалению, этот эксперимент в феврале 1999 г. был проведен неудачно. Телеоператорное управление “Прогрессом М-39” осуществлял экипаж станции. 29 октября закончил полет грузовой корабль “Прогресс М-

39”. В 6 ч 27 мин был включен его двигатель на торможение. Корабль вошел в плотные слои атмосферы и прекратил свое существование. Приводнение корабля произошло в 7 ч 14 мин 52 с. Длительность его полета составила 167 сут 06 ч 01 мин 53 с.

27 октября в 8 ч 43 мин 42 с к освободившемуся причалу пришвартовался корабль “Прогресс М-40”. Он доставил на станцию 2551,9 кг различных грузов, в том числе и оборудование для эксперимента “Знамя-2.5” с бескаркасным тонкоплёночным солнечным отражателем.

Выход в открытый космос наметили в ночь с 10-го на 11 ноября. Готовились к нему “Альтаиры” основательно, учитывая предстоящий большой объем работы. Сроки выхода были ограничены, так как приближалось время метеорного потока Леонид.

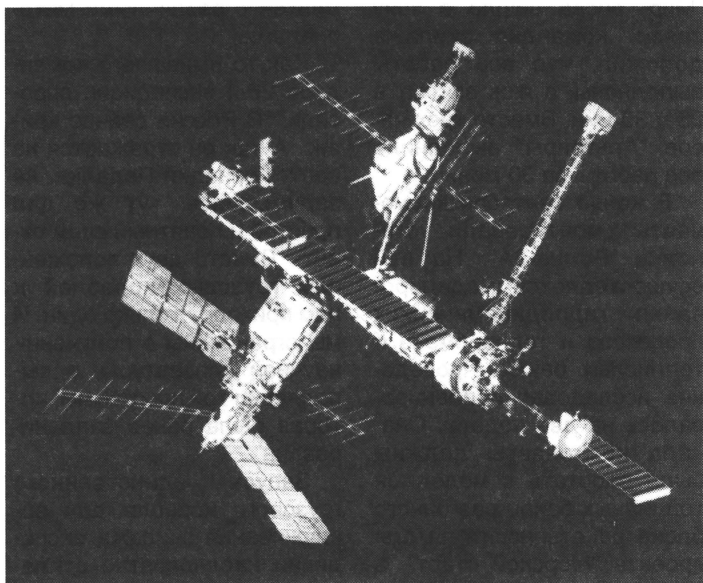
Последний раз наиболее активны Леониды были в 1966 г. Но тогда человечество только начинало осваивать космос, и метеороиды не представляли угрозы для спутников. Сейчас уже сотни космических аппаратов постоянно работают на орбите. Согласно прогнозу, размеры метеорных частиц находятся в пределах от 1/200 до 1/10 мм, но встречные скорости полета могли достигать до 70 км/с, что грозило серьезными неприятностями для станции “Мир” и, главное, российским космонавтам Геннадию Падалке и Сергею Авдееву, которым предстояло работать в открытом космосе. Французские ученые создали специальную аппаратуру “Комет”, установить которую снаружи станции должны были “Альтаиры”. “Комет” вместе с российской аппаратурой будет фиксировать

Пилотируемый комплекс "Мир", сфотографированный с борта корабля "Дискавери" (STS-91) после расстыковки с ним 8 июня 1998 г. Фото NASA

следы попавших на ее панели микрометеоритов.

10 ноября в 22 ч 24 мин космонавты открыли выходной люк. Сначала они осуществили запуск макета первого спутника, выполненного в масштабе 1:3, предназначенного для радиолобительской связи. Год назад запуск аналогичного спутника произвели Анатолий Соловьев и Павел Виноградов (Земля и Вселенная, 1997, № 5, с. 55). Спутник изготовили в РКК "Энергия" при участии российских и французских школьников. Теперь такой же спутник, но с несколько усложненной радиоаппаратурой, запустили Г. Падалка и С. Авдеев. Бортинженер руками вытолкнул спутник на орбиту, а командир в это время занимался видеосъемкой.

Программа выхода в открытый космос была полностью посвящена работам с научной аппаратурой (17 наименований). На агрегатном отсеке станции космонавты установили аппаратуру "Движкон", а затем совместно с ЦУПом провели исследование загрязнения поверхности станции продуктами сгорания микродвигателей управления. В конце выхода приборы эксперимента "Движкон" сняли и вернули на станцию. С агрегатного отсека "Альтаиры" перешли на



стыковочный отсек, присоединенный к модулю "Кристалл". Здесь они установили и подключили в систему энергоснабжения экспериментальную тонкопленочную солнечную батарею, сворачивающуюся в рулон. Ресурс работы в космическом пространстве таких перспективных батарей оценивается несколькими десятками лет. Во время работы экипажа в космосе, экспериментальная

батарея стала давать электрический ток. На корпусе модуля "Квант-2", где имеется много мест для крепления различных приборов, космонавты сняли часть научной аппаратуры и установили новую, в том числе и французский прибор "Комет". Выход продолжался 5 ч 54 мин.

Пик интенсивности "звездного дождя" ожидался вечером **17 ноября**, однако "Альтаиры" ничего существенного не увидели. Около полуночи они законсервировали корабль "Союз ТМ-28", который по указанию ЦУПа был подготовлен на случай аварийного покидания станции, и отправились спать. А когда утром заместитель руководителя полета по медицинскому обеспечению Игорь Гончаров спросил космонавтов, где они прятались от Леонид, они дружно ответили: "В спальных мешках".

На фоне шумных событий в ноябре-декабре, связанных с началом строительства на околоземной орбите МКС, как-то ушел в тень продолжающийся пятый ме-



Командир 26-й основной экспедиции Г.И. Падалка и космонавт-исследователь Ю.М. Батурин во время проведения медицинского эксперимента. Фото С.А. Герасютина

сяц полет 26-й основной экспедиции. Экипаж работал спокойно, без сенсационных отказов, которые так будоражили мировую общественность в 1997 г. Руководителей полета это радует, потому что можно сосредоточить усилия на выполнении научно-технических задач.

Когда космонавтов спросили, не скучно ли им вдвоем вдалеке от Земли, Геннадий Падалка искренне удивился. Космонавты и ЦУП работали слаженно. Специалисты отмечали, что экипаж исключительно добросовестно относится ко всем их рекомендациям.

Однако вопрос о судьбе станции «Мир» по-прежнему оставался открытым, но уже никто категорически не требовал прекратить ее эксплуатацию в середине 1999 г. Более того, на самых разных уровнях росло число сторонников продолжать ее полет.

США высказались однозначно: Россия – суверенная страна, и она вправе сама распоряжаться своей станцией, но сначала пусть выполняет свои обязательства по МКС.

Между тем, станция «Мир» продолжала медленно снижаться. Раньше с помощью грузовых кораблей регулярно поддерживали параметры орбиты, средняя высота которой была около 400 км. Последний раз такой маневр проводили в феврале 1997 г. После этого коррекция высоты орбиты не проводилась. Специалисты называют сроки возможного схода с орбиты станции «Мир» – сентябрь-декабрь 1999 г. В августе должен закончить полет экипаж 27-й основной экспедиции, в составе которого работает французский космонавт. Чтобы обеспечить безопасность экипажа, выполнение программы экспедиции и принятых между-

народных обязательств, необходимо было предупредить преждевременный сход станции с орбиты. Для этого 24 декабря 1998 г. с помощью грузового корабля «Прогресс М-40» провели коррекцию. В результате минимальное удаление ОК «Мир» от поверхности Земли увеличилось на 14 км и составило 361 км, а максимальное удаление осталось прежним – 373 км.

Принятые меры позволяют надеяться, что теперь сход станции «Мир» с орбиты может произойти не ранее конца 1999 г. Несмотря на то, что принято правительственное решение о продлении функционирования ОК «Мир» до 2002 г., неизвестно, будет ли работать на нем 28-я основная экспедиция и хватит ли средств на дальнейшее поддержание орбиты полета комплекса.

В.И. ЛЫДИН

НОВЫЕ КНИГИ

Проблемы космического мусора

Институт астрономии РАН выпустил в 1998 г. уже третий сборник, посвященный проблеме «Космический мусор». Первый – «Проблемы загрязнения космоса» – появился в 1993 г., второй – «Столкновения в околоземном космическом пространстве» – в 1995 г. Третий – «Околоземная астрономия». Ответственный редактор всех выпусков серии – доктор физико-математических наук профессор А.Г. Масевич.

В сборнике рассматривается загрязнение околоземного пространства космическим мусором, образующимся при столкновениях и дезинтеграции космических аппаратов на низких и высоких

орбитах; наблюдение крупных фрагментов на геостационарных орбитах и в метеорных потоках; поиск новых малых тел Солнечной системы; проблемы учета (обнаружение, опознавание, вычисление орбит и составление каталогов) искусственных и естественных тел в околоземном пространстве; возможности предсказания и предотвращения столкновений с Землей астероидов и крупных метеороидов, а также столкновений фрагментов космического мусора со спутниками и космическими аппаратами. Обзор современных проблем околоземной астрономии дан в вводной статье Л.В. Рыхловой.

В первой части сборника («Искусственные небесные тела в околоземном пространстве») читатель найдет расчеты вероятностей столкновений фрагментов космического мусора с космическими кораблями (особое внимание уделено станции «Мир»), узнает о том, как работает российская

«Служба контроля космического пространства», почему взрываются космические объекты и что происходит с образовавшимися при этом осколками, как производятся оптические наблюдения высокоорбитальных объектов (нынешнее состояние и проекты на будущее).

Во второй части («Естественные небесные тела в околоземном пространстве») дается информация об астероидах, сближающихся с Землей, о наблюдениях крупных тел в метеорных потоках. Приводятся доказательства, что Тунгусский метеорит, наряду с другими болидами, наблюдавшимися в ту же дату, 30 июня, но в разные годы, – компонент дневного метеорного потока β -Таурид, связанного с кометой Энке. Заканчивается сборник статьей о том, как и зачем отбуксировать к Земле и вывести на орбиту вокруг нее астероид километровой размера.

В.А. Юревич

Полеты автоматических межпланетных станций*

1. **“Лунар Проспектор”** (“**Lunar Prospector**”, США) запущен 7 января 1998 г. После выхода 15 января 1998 г. на рабочую круговую полярную окололунную орбиту с параметрами: высота около 100 км, наклонение $90,55^\circ$ и период обращения 117,8 мин, станция продолжает выполнять исследования, имея на борту шесть научных приборов.

“Лунар Проспектор” обнаружил в кратерах полярных областей довольно **большие запасы водяного льда** (он перемешан с реголитом), его количество оценивается в 6 млрд т (на северном полюсе льда на 15% больше). Предполагается, что чистый лед залегает пятнами на обширных площадях в виде слоев на глубине 40–60 см под слоем грунта.

Химические элементы в грунте распределены очень неравномерно. Установлено: в морских и горных районах содержание железа, титана и калия значительно меняется. Например, в Море Дождей обнаружены очень редкие элементы – самарий и гадолиний.

Удалось построить новую детальную гравитационную карту Луны. На ней отмечены вновь открытые семь масконов, в том числе 3 на обратной стороне. Подтверждено, что у Луны есть **железное ядро** диаметром около 600 км.

В двух районах Луны магнито-

метром зарегистрированы довольно значительные магнитные поля на невидимой стороне. Величина магнитной индукции локальных лунных магнитных полей оценена в 40 нТл, что составляет 0,1% земной. Вероятно, это результат падения на Луну крупных космических тел, окруженных плазменным облаком. Локальные магнитные поля остались до настоящего времени как бы “вмороженными”. Над магнитными районами существуют небольшие магнитосферы диаметром несколько сотен километров. На основе полученных данных ученые создают глобальную карту магнитных полей с разрешением 20 км.

19 декабря 1998 г. “Лунар Проспектор” переведен на более низкую круговую орбиту наблюдений высотой 40 км. Программа научных исследований станции продлится до начала 2000 г.

2. **“Кассини”** (“**Cassini**”, NASA-ESA). АМС запущена 15 октября 1997 г., продолжается ее полет к Сатурну. Проверена работа всех 12 научных приборов, в том числе на посадочном аппарате “Гюйгенс”. 2 декабря 1998 г. проведена коррекция траектории полета. Маршевый двигатель проработал 90 мин, обеспечив приращение скорости на 450 м/с (гелиоцентрическая скорость уменьшилась с 18,85 до 18,4 км/с).

В 1999 г. станция должна выполнить еще два пертурбационных маневра – 24 июня у Венеры и 18 августа у Земли. Согласно про-

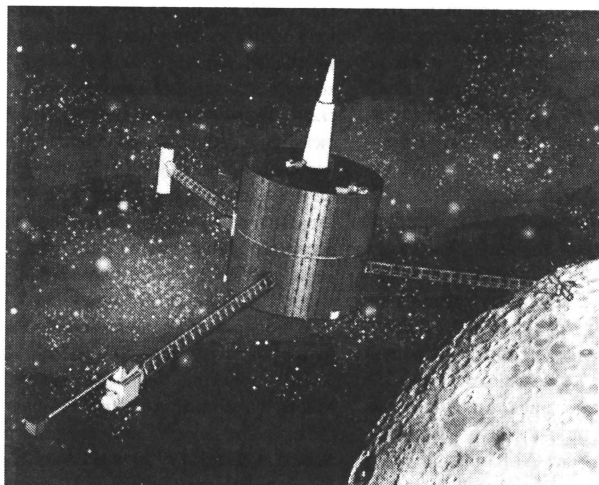
грамме “Кассини” прибудет в систему Сатурна 1 июля 2004 г.

3. **“Нодзومي”** (“**Nozomi**” или “**Planet-B**”, Япония). 3 июля 1998 г. в 18 ч 12 мин* с космодрома Кагосима стартовала ракета-носитель “М-5” с японской АМС “Планета-В”. Япония стала третьей страной после СССР и США, запустившей КА к Марсу. После коррекции полета станция сначала вышла на орбиту ИСЗ высотой 341×401493 км, наклонением $28,62^\circ$ и периодом обращения 10 сут 20 ч 55 мин. Совершив 6,5 витков на околоземной орбите, 24 сентября зонд пролетел мимо Луны, увеличив апогей, а затем 18 декабря выполнил второй пертурбационный маневр у Луны. Сблизившись с Землей 20 декабря, АМС провела заключительный маневр, после чего была включена двигательная установка, в результате она получила дополнительный импульс 420 м/с. Однако маневр не удался, и станция не перешла на траекторию полета к Марсу. Теперь “Нодзومي” должна сделать два витка по гелиоцентрической орбите между Землей и Марсом, летом 2003 г. она совершит пролет около Земли, а в 2004 г. выйдет на марсианскую орбиту.

В программу были включены следующие задачи: изучение верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы Марса, влияние заряженных частиц солнечного ветра на структуру, химический состав и

* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3.

* Здесь и далее дано время по Гринвичу.



“Лунар Проспектор” проводит исследования Луны. Рисунок NASA

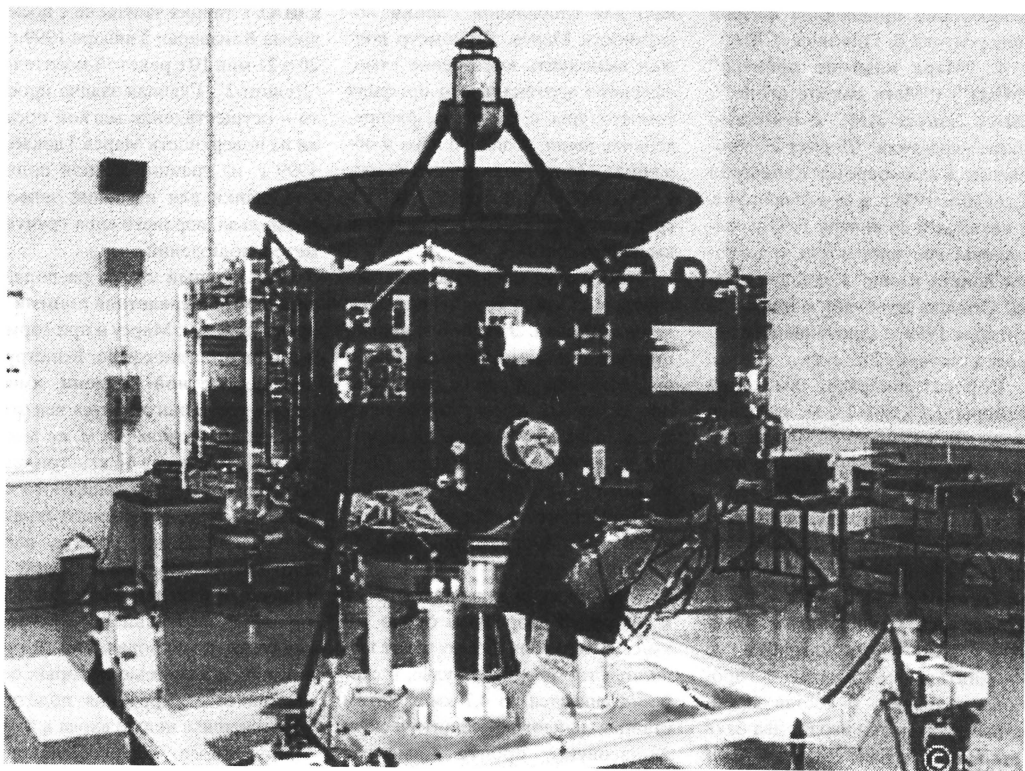
динамику ионосферы, регистрация пылевых частиц в околомарсианском космическом пространстве, поиск грунтовых вод и фотосъемка поверхности планеты и ее спутников.

Межпланетная станция “Нодзоми” (надежда) имеет форму восьмигранной призмы диаметром 2,0 м,

высотой 0,58 м и длиной 1,93 м. На верхнем днище корпуса установлена радиоантенна “высокого усиления” диаметром 1,6 м, на нижнем – двигательная установка, которая состоит из маршевого ЖРД тягой 51 кгс и 10-ти микродвигателей ориентации тягой по 0,23 кгс, работающих на азотном тетраоксиде

и гидразине. Система энергоснабжения включает две солнечные батареи длиной 6,4 м, мощностью 200 Вт и два аккумулятора. Система управления работает от компьютера с процессором объемом памяти 128 бит. В навигационную систему входят звездный и солнечный датчики, акселерометры и гироскопы. Радиосвязь осуществляется со скоростью 64-1024 бит/с, а передача информации – до 32 кбит/с. Научная аппаратура размещена на гранях корпуса станции и двух штангах: на 5-метровой установлен магнитометр и на 1,7-метровой – датчик частиц низких энергий (анализатор плазмы). АМС создана Институтом косми-

Японская межпланетная станция “Нодзоми”. Фото ISAS



ческих и астронавтических наук Японии (ISAS). Стартовая масса станции – 541 кг, из них 282 кг приходится на топливо, масса научной аппаратуры составляет 35 кг.

Зонд “Нодзоми” несет 14 научных приборов (из них 10 японских): два анализатора спектров энергичных ионов и электронов, три детектора – частиц высоких энергий и плазменных волн, два ультрафиолетовых спектрометра, магнитометр, температурный датчик и цветной цифровой фотоаппарат (камера прибора с зарядовой связью) для съемок пылевых бурь и спутников Марса. Четыре прибора разработаны учеными Германии (датчик пылевых частиц), Канады (анализатор плазмы для регистрации частиц низкой энергии и атмосферных атомов), США (масс-спектрометр нейтральных частиц для измерения химического состава верхней атмосферы на высотах 150–500 км) и Швеции (ионный масс-спектрометр). Предполагается также провести эксперимент по радиозондированию атмосферы и регистрации гравитационных аномалий планеты с участием Лаборатории прикладной физики университета Д. Гопкинса (США).

4. **“Марс клаймит орбитер”** (“МКО”) (“Mars climate orbiter”, США). Запуск АМС с помощью ракеты-носителя “Дельта-2” произведен с космодрома Канаверал 11 декабря 1998 г. в 18 ч 45 мин 51 с. 21 декабря и 26 января 1999 г. выполнены две коррекции траектории полета и еще 4 запланированы. Станция прибудет к Марсу 23 сентября 1999 г. (длительность перелета составит 285 сут).

Корпус аппарата, имеющий размеры 2,1×1,6×2,0 м, разделен на два отсека – приборный и двигательный. На верхней части приборного отсека размещена научная аппаратура и установлена ферма с радиоантенной “высокого усиления”, а сбоку на кронштейне прикреплены три панели солнечных батарей. Станция имеет трехосную систему стабилизации, ее исполнительные органы – гироскопы-маховики. В состав двигательной установки входят два бака с топливом массой 291 кг, 4 ЖРД

угловой коррекции тягой по 0,09 кгс и столько же двигателей стабилизации тягой по 2,2 кгс, а также маршевый двухкомпонентный ЖРД тягой 65 кгс. Бортовая система управления включает 32-х зарядный процессор с объемом памяти 128 Мбайт. Радиосвязь осуществляется через 1,3-м приемопередающую антенну “высокого усиления” и две антенны “низкого усиления”. Система энергоснабжения состоит из трех панелей солнечных батарей длиной 5,5 м, общей площадью 7,4 м² и мощностью 380 Вт, а также никель-водородных аккумуляторных батарей емкостью 16 А·час. АМС разработана компанией “Lockheed Martin Astronautics” по заказу JPL (Лаборатория реактивного движения, США). Стартовая масса станции – 634 кг.

Научная аппаратура содержит два прибора: ИК-радиометр для многоспектрального (9 каналов) зондирования марсианской атмосферы от 0 до 80 км с разрешением по вертикали 5 км и комплект цветных цифровых фотокамер (две в видимом и 5 в УФ-диапазонах) для глобальной съемки поверхности Марса. Радиометр должен выполнить построение атмосферного вертикального профиля температуры и давления, распределение пыли, водяного пара и облачных слоев. Поле зрения широкоугольной фотокамеры – 140°, а среднеобзорной – 6° (покрытие 40 км поверхности).

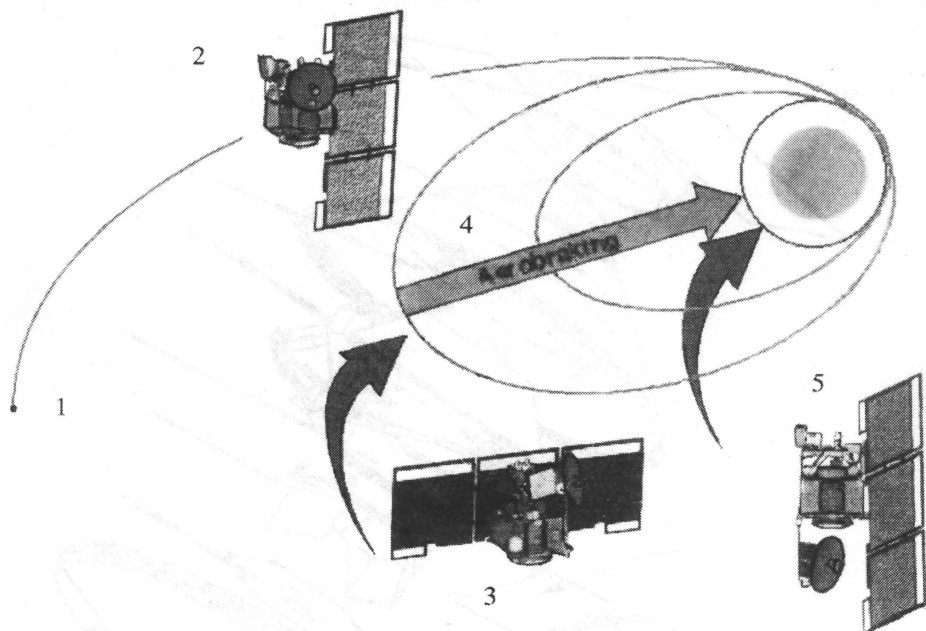
Программа исследований рассчитана на узкий круг задач – изучение климата. Это сбор данных о циркуляции атмосферной пыли, водяного пара и озона, определение сезонных изменений в течение марсианского года, наблюдения за полярными шапками и пылевыми бурями, картирование всей поверхности. Научный руководитель программы “МКО” Р. Зурек.

Космический аппарат подлетит к Марсу со скоростью около 5,9 км/с, 23 сентября 1999 г. будет выполнен тормозной импульс, и скорость снизится до 4,7 км/с. Затем станция выйдет на эллиптическую 29-часовую орбиту высотой

160×3900 км, после чего в результате маневра снижения перигеиум уменьшится до 110 км – это необходимо для начала аэродинамического торможения в атмосфере. 9 октября КА будет переведен на 10-часовую орбиту, а к 19–22 ноября на 1,9-часовую с апоцентром 450 км. Для завершения торможения запланированы две коррекции. 1 декабря 1999 г. “Марс клаймит орбитер” выйдет на рабочую круговую полярную солнечно-синхронную орбиту высотой 400–422 км. К этому времени на поверхности Марса совершит посадку станция “Mars polar lander”, информация с нее со скоростью 128 тыс бит/с будет ретранслироваться через “МКО” на Землю. В этом режиме орбитальный аппарат проработает три месяца, а затем перейдет к выполнению своей научной программы. Проведение исследований рассчитано с 3 марта 2000 г. по 15 января 2002 г., а в качестве орбитального ретранслятора посадочной станции “Mars Surveyor-2001” еще на три года – до декабря 2004 г.

5. **“Марс поуле лэндер”** (“МПЛ”) (“Mars polar lander”, США). Станция запущена с космодрома Канаверал 3 января 1999 г. в 20 ч 21 мин 10 с ракетой-носителем “Дельта-2”. Главная задача проекта – осуществление мягкой посадки на поверхность Марса 3 декабря 1999 г. на границе южной полярной шапки для изучения запасов воды, льда, верхнего слоя грунта и метеонаблюдений.

Посадочный отсек располагается внутри **перелетной ступени** во время полета к Марсу и при торможении в его атмосфере. Конструкция перелетной ступени имеет форму усеченного конуса высотой 1,8 м и диаметром 3,6 м, ее масса 286 кг, в том числе 64 кг – топливо. Ступень состоит из защитного конуса, лобового тормозного экрана, отсека служебных систем, парашютного отсека, двигательной установки и панелей солнечных батарей. Двигательная установка включает 8 микродвигателей ориентации, с помощью которых осуществляется коррекция полета и торможение с целью входа в атмосферу Марса. Энергоснабжение



ступени поступает от двух солнечных батарей площадью $2,6 \text{ м}^2$. Ориентация в пространстве осуществляется с помощью звездных датчиков.

Посадочный отсек состоит из служебного модуля, приборного отсека, трех посадочных опор и двух раскрываемых солнечных батарей. В рабочем положении аппарат имеет высоту 1,06 м и диаметр 3,6 м (по посадочным опорам), его масса – 290 кг. Для взятия проб грунта и льда аппарат снабжен двухколенным манипулятором (с телекамерой и ковшом) общей длиной около 2 м.

Комплекс научной аппаратуры посадочного аппарата включает 9 приборов: две фотокамеры, метеокomплекс, климатический детектор летучих веществ, тепловой и газовый анализатор, лабораторию изучения микропроб грунта и льда, лидар для исследования структуры облачности и пылевых частиц (создан российскими учеными), миниатюрный микрофон и телекамера на манипуляторе для выбора мест взятия проб грунта.

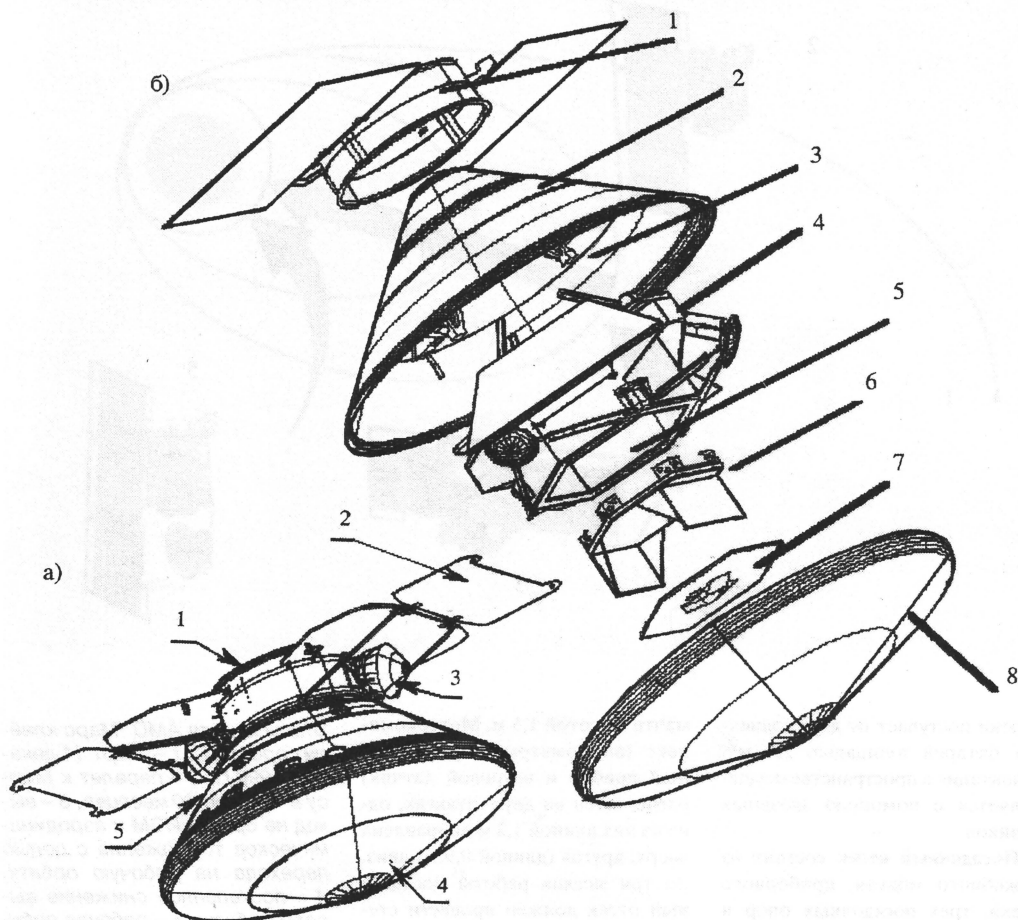
Стереосистема из двух фотокамер установлена на выдвижной

мачте высотой 1,5 м. Метеокomплекс (анемометры, температурный прибор и ветровой датчик) расположен на двух штангах, одна из них длиной 1,2 м направлена вверх, другая (длиной 0,9 м) вниз. За три месяца работы посадочный отсек должен провести стереосъемку места посадки, панорамное фотографирование и микросъемку образцов грунта, цикл метеонаблюдений, измерение газового состава атмосферы, тепловых потоков из недр, примесей и пылевых частиц облачности, изучение микропроб грунта и льда, а также зафиксировать звуковые сигналы – порывы ветра, перемещение дюн и камней. Научный руководитель проекта доктор С. Смеркал.

На перелетной ступени прикреплены две миниатюрные капсулы, внутри которых расположены пенетраторы для проведения эксперимента "Deep Space-2" ("Дипспейс-2", дальний космос), выполняемого в рамках программы "Новое тысячелетие". Перед входом в атмосферу Марса капсулы отделяются, совершают самостоятельный спуск, после сброса тормоз-

Этапы полета АМС "Марс климат орбитер": 1 – старт 11 декабря 1998 г., 2 – перелет к Марсу в течение 10 месяцев, 3 – выход на орбиту ИСМ и аэродинамическое торможение с целью перехода на рабочую орбиту, 4 – постепенное снижение высоты орбиты, 5 – рабочая орбита двухлетнего цикла исследований Марса

ных щитов пенетраторы внедряются в грунт со скоростью 250 м/с на расстоянии около 200 км от посадочного аппарата. Верхняя часть пенетратора с передающей радиоантенной и датчиком атмосферного давления остается на поверхности, а приборная капсула проникает на глубину до 2 м. Обе части соединены электрическим кабелем. В приборной (внедряемой) части находятся датчики температуры, акселерометр (определение твердости породы), микрокомпьютер и батареи энергоснабжения. Предполагается изучить потоки тепловыделения из недр и влажность в течение 50 ч после проникновения в грунт.



Перелетная ступень станции "Марс поул лэндер":

а) 1 – сбрасываемое кольцо, 2 – панели солнечных батарей, 3 – две капсулы эксперимента "Дип Спейс-2", 4 – лобовой тормозной экран с теплозащитным покрытием, 5 – защитный конус, закрывающий посадочный отсек на этапе перелета к Марсу

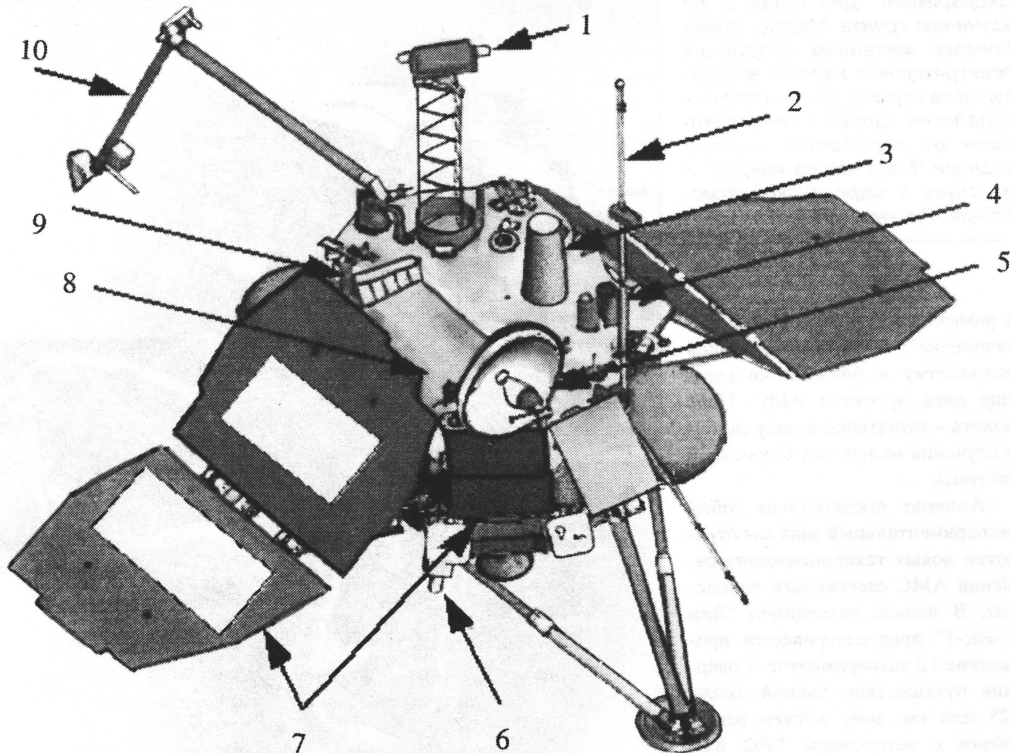
б) 1 – сбрасываемая часть с панелями солнечных батарей, 2 – защитный конус с парашютной системой, 3 – стойки соединения посадочного аппарата к защитному конусу, 4 – посадочный аппарат в сложенном виде, 5 – теплозащитная рама посадочного аппарата, 6 – платформа со служебными системами, 7 – теплозащитное днище посадочного отсека, 8 – лобовой тормозной экран

Перелетная ступень общей массой 576 кг прибудет к Марсу 3 декабря 1999 г. После ориентации в пространстве, станция войдет в атмосферу со скоростью 6,91 км/с на высоте 146 км за 5 мин до посадки. После аэродинамического торможения сбрасывается лобовой теплозащитный экран, при скорости 493 м/с вводится в действие парашютная система на высоте 7,3

км за 1 мин 12 с до посадки. Когда скорость снизится до 40–50 м/с, на высоте около 2 км включается высотомер. После этого парашют с защитным конусом перелетной ступени отделяется от посадочного отсека. На высоте 1,4 км начинают работу двигатели мягкой посадки, которые действуют до высоты 12 м при достижении посадочной скорости 2,4 м/с. Аппарат

совершает посадку на три опоры, как станции "Викинг". Это произойдет поздней марсианской весной в южном полушарии в районе с координатами: 74–77° ю.ш. и 170–230° з.д.

Согласно плану работа "Марс поул лэндер" продлится до 1 марта 2000 г., т.е. в первую половину марсианского лета – наиболее оптимальное время для исследований.



Размещение научной аппаратуры на посадочной станции "Марс поулс лэндер": 1 – стереокамера на выдвижной ферме, 2 – мачта с метеокомплексом, 3 – остронаправленная радиоантенна, 4 – лидар, 5 – передающая антенна связи, 6 – фотокамера передачи изображения на участке спуска, 7 – панели солнечных батарей, 8 – датчик изучения климата, 9 – анализатор тепловыделений и газового состава грунта, 10 – манипулятор с ковшом для взятия проб грунта

6. "Марс глоубэл сервейер" ("MGS") ("Mars Global Surveyor", США) запущен 7 ноября 1996 г. Первый этап аэродинамического торможения в атмосфере Марса завершился 27 марта 1998 г. Из-за неполного раскрытия одной из панелей солнечных батарей, на которой расположен тормозной щиток, процесс пришлось продлить до начала 1999 г. После этого КА находился на временной эллиптической орбите с параметрами: высота 171×17654 км, наклонение $93,8^\circ$ и период обращения 12,2 ч. Второй этап аэродинамического торможения начался на 573 витке 23 сентября 1998 г. после включения двигательной установки, сни-

зившей скорость движения станции на 11,6 м/с. После этого маневра параметры орбиты изменились: высота 127×17636 км, наклонение $93,6^\circ$ и период обращения 11,6 ч. До 21 октября проводились регулярные маневры торможения, и период обращения станции на 640 витке снизился до 8 ч 41 мин. В январе 1999 г. она имела орбиту высотой 109×4216 км и период обращения 209 мин. Второй этап снижения закончился в марте 1999 г. выходом АМС на круговую солнечно-синхронную околополярную орбиту: высота 378 км, наклонение 93° и период обращения 117,6 мин.

За время нахождения станции

на марсианской орбите ученые включали бортовую научную аппаратуру (на "МГС" установлено 6 приборов). В полном масштабе исследования предполагается начать в марте 1999 г., когда она выйдет на рабочую орбиту. Несмотря на то, что научная программа первоначально была рассчитана до марта 1999 г., специалисты предполагают, что работа АМС продлится до февраля 2001 г.

7. "Дип Спейс-1" ("Deep Space-1", США). 24 октября 1998 г. в 12 ч. 08 мин 01 с со стартового комплекса № 17А базы ВВС на мысе Канаверал стартовала ракета-носитель "Дельта-2" с зондом "Дип Спейс-1". Он стал первым КА, запущенным

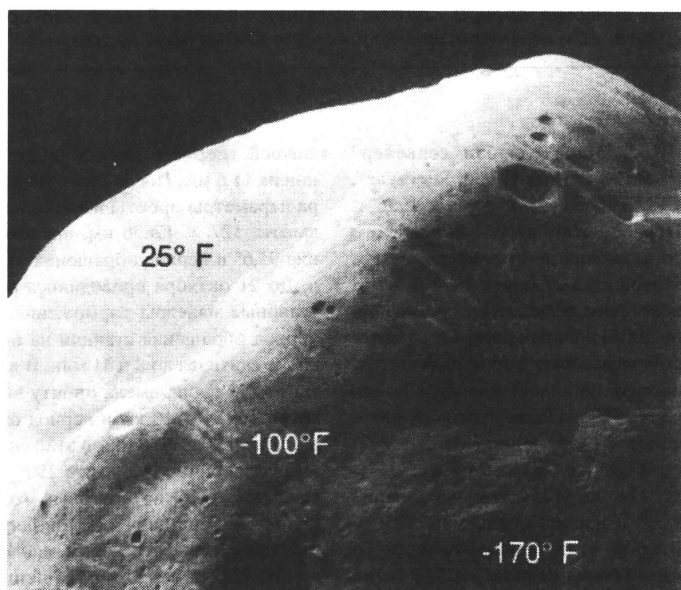
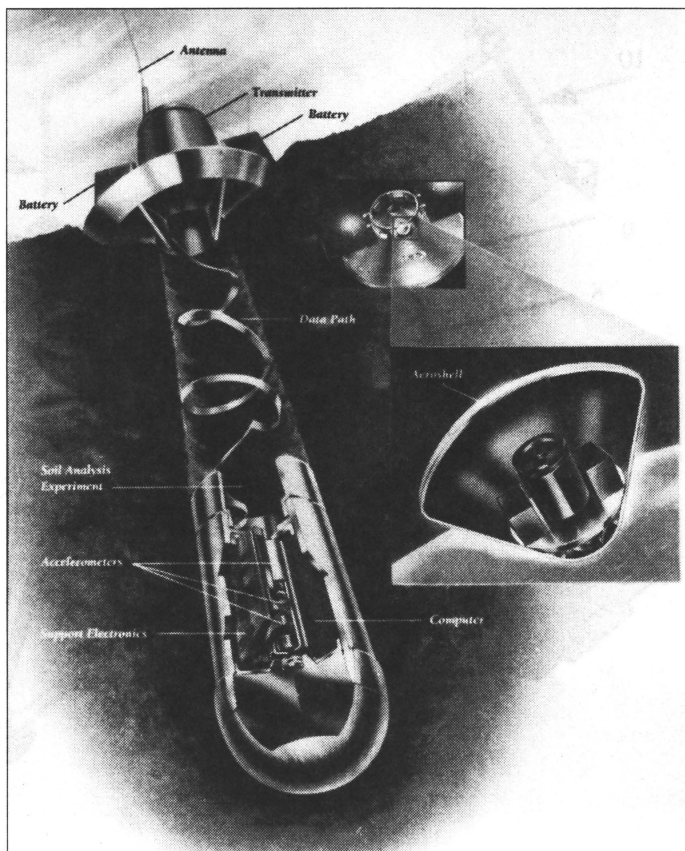
Эксперимент "Дип Спейс-2" по изучению грунта Марса. Слева показан механизм внедрения пенетраторов с научной аппаратурой на глубину до 2 м, справа – отделение капсул с пенетраторами от перелетной ступени станции "Марс поуле лэндер" и их спуск в марсианской атмосфере. Рисунок JPL

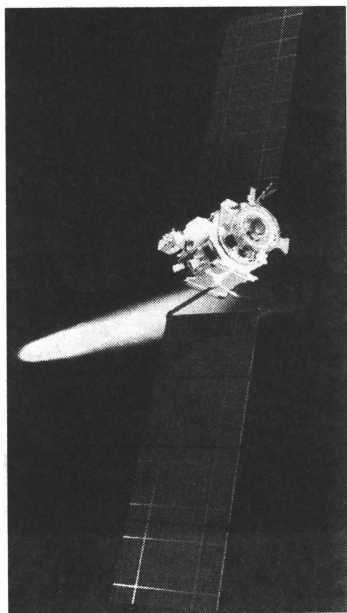
в рамках программы "Новое тысячелетие", предусматривающей разработку в ближайшие годы еще пяти проектов АМС. Цель полета – испытание новых систем и изучение малых тел Солнечной системы.

Аппарат представляет собой экспериментальный зонд для отработки новых технологических решений АМС следующего поколения. В начале экспедиции "Дип Спейс-1" предусматривается проведение 12 экспериментов. Совершив путешествие длиной около 725 млн км, зонд должен встретиться с астероидом 1992 KD. Станция пролетит от него 28-29 июля 1999 г. на расстоянии 5-10 км и выполнит комплекс исследований. Расстояние до Земли в этот момент составит 190 млн км. Программу экспедиции рассчитывают завершить 18 сентября 1999 г. Полет АМС продлится до декабря 2001 г. с целью исследования еще одного астероида или кометы.

Станция "Deep Space-1" (дальний космос) имеет форму восьмигранной призмы шириной $1,7 \times 2,1$ м и длиной 2,5 м. Большая часть служебных систем и приборов установлена на корпусе аппарата. Система связи содержит три радиоантенны. В системе ориентации применены звездный и солнечный датчики, гироскопы, а в качестве исполнительных органов – ЖРД малой тяги. Впервые на КА

Участок поверхности Фобоса, сфотографированный станцией "Марс глоубэл сервейер" 4 июня 1998 г. Слева – крупный кратер диаметром 6 км. Приведены значения температуры поверхности по Фаренгейту





Предполагаемый пролет зонда "Дип Спейс-1" около кометы Боррелли в декабре 2001 г. Рисунок NASA

онная съемка) и установки по проведению плазменного эксперимента. В ходе экспедиции будут опробованы следующие новые технологии: ионные двигатели, солнечные батареи с новыми полупроводниковыми фотопреобразователями (на основе галлия-индия, арсенида галлия и германия) и линзы Френеля для фокусировки солнечного света (к.п.д. увеличивается на 15-20%), автономная навигация (по положению на небе 250 астероидов относительно 250 тыс звезд), контроль состояния КА с помощью радиомаяка и работа малого приемопередатчика. Научный руководитель проекта доктор Р.Нельсон.

После отделения зонда от разгонного блока он вышел на гелиоцентрическую орбиту с параметрами – перигелий 148,1 млн км, апогелий 197,5 млн км, наклонение 0,4° и период обращения 453 сут. Первое испытание ИЭРД общей длительностью включения 16 ч проведено 10 ноября 1998 г. Однако двигатель выключился лишь через 4,5 мин. 24 ноября ИЭРД удалось включить, и он проработал 14 сут в режиме малой тяги. В дальнейшем двигатель будет включаться в двухсуточном режиме на 43 ч. В ходе полета проводились испытания приборов, а большая часть экспериментов уже выполнена. К началу 1999 г. станция находилась от Земли на расстоянии более 10 млн км.

8. **"Стардаст" ("Stardust", США).** Старт с космодрома Кана-

верал осуществлен 7 февраля 1999 г. в 21 ч 04 мин 15 с ракетой-носителем "Дельта-2". Через 28 мин 35 с после запуска станция выведена на траекторию полета к комете Вильда-2, с которой встретится через 5 лет. Основная задача полета – исследование одной из комет, сбор ее частиц и межпланетной пыли с помощью хитроумной ловушки, возвращение капсулы с пойманными образцами на Землю для последующего их изучения. Космический аппарат создан в рамках программы NASA "Discovery".

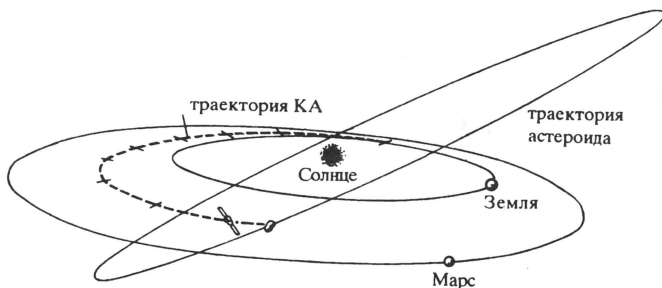
АМС **"Stardust"** (звездная пыль) представляет собой цилиндр длиной 1,7 м и диаметром 0,7 м, на верхнем днище его прикреплена возвращаемая капсула, в центральном отсеке находятся служебные системы, а в хвостовом – двигательная установка и адаптер крепления к разгонному блоку РН. Система энергоснабжения состоит из двух солнечных батарей длиной 4,8 м, общей площадью 6,6 м² и мощностью до 800 Вт. Станция имеет трехосную систему стабилизации. В систему управления входит бортовой компьютер с объемом памяти 128 Мбайт. Радиосвязь осуществляется через 0,6-метровую приемопередающую антенну, передача информации идет с максимальной скоростью 7,9 кбит/с. Стартовая масса КА – 385 кг.

Возвращаемая капсула диаметром 0,6 м и массой 45 кг состоит из двух разъемных частей – экрана с теплозащитным покрытием для осуществления аэродинамического торможения в земной атмосфере и защитного конуса, где размещены служебные системы, парашют и штанга с пылевой ловушкой. При подлете к комете теплозащитный экран откидывается и затем раскрывается штанга с пылевой ловушкой. Космический аппарат, пролетая мимо кометы со скоростью 6,1 км/с, должен собирать в ловушку частицы ко-

как основной маршевый двигатель используется ионная электрореактивная установка (ИЭРД), работающая на ксеноне. Это позволило снизить запас топлива до 16,5% от стартовой массы станции, что в три раза меньше необходимого количества при использовании традиционных ЖРД. Масса ИЭРД 48 кг, диаметр сопла 30 см, тяга от 2 до 9 гс при потребляемой мощности 500 Вт, ксенон хранится под давлением 70 атм.

Энергоснабжение осуществляется от двух солнечных батарей (размах панелей 11,8 м и мощностью 2400 Вт) и аккумуляторных батарей мощностью 24 А·час. Стартовая масса КА 486,3 кг, в том числе масса топлива 31 кг (гидразин) и 81,5 кг (ксенон).

Научная аппаратура состоит из камеры-спектрометра (навигаци-

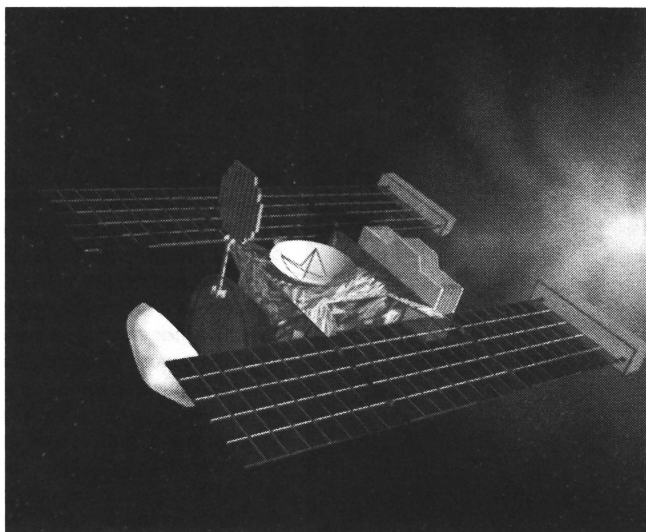


Траектория полета АМС "Дип Спейс-1". Показана орбита астероида 1992 KD и место встречи с ним станции 29 июля 1999 г.

метного вещества размером от 1 до 100 мкм, которые осаждаются на специальный химический состав – аэрогель, находящийся на решетке ловушки. Частицы, сталкиваясь с аэрогелем (микропористый материал, имеющий сверхнизкую плотность), захватываются в поры. После экспонирования в двух положениях (всего предполагается уловить около тысячи частиц), ловушка складывается и вновь убирается в капсулу. Крышка тормозного экрана герметично закрывается, а капсула возвращается на Землю.

На станции установлены три научных прибора: двухсторонний коллектор с анализаторами кометной и межпланетной пыли, монитор потока пылевых частиц и навигационная камера. Научный руководитель программы доктор Д. Браунли.

Экспедиция рассчитана на 7 лет. За это время зонд совершит три витка по гелиоцентрической орбите. Сначала он выйдет на орбиту с параметрами: апогей 310,8 млн км, перигелий 135,4 млн км, наклонение $3,1^\circ$ и период обращения 720 сут. Первый маневр будет проведен в марте 2000 г. (через 395 сут после старта). Трижды изменится плоскость орбиты полета – в мае 2000 г., декабре 2002 г. и июле 2003 г., дважды КА пролетит

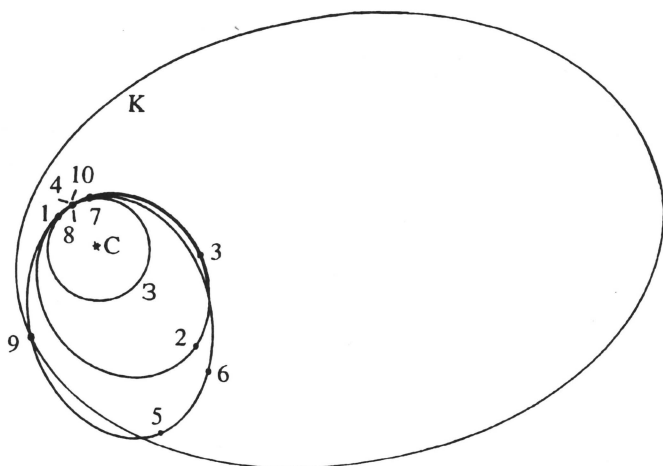


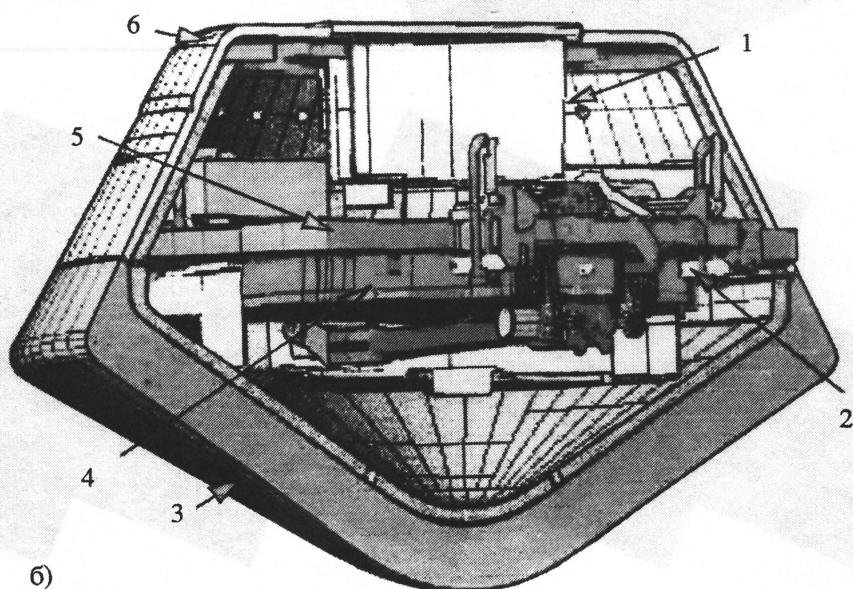
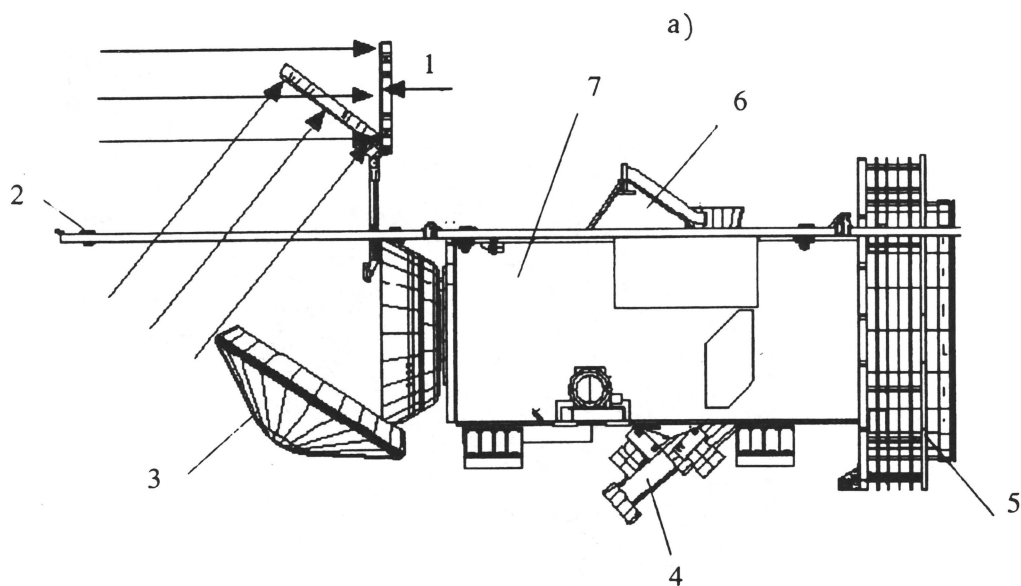
около Земли – 15 января 2001 г. и 22 июля 2003 г. Встреча с кометой Вильда-2 на расстоянии около 150 км от комы планируется 2 января 2004 г. (через 1791 сут после старта), при этом расстояние до Солнца будет 278,2 млн км и до Земли – 390 млн км. В течение двух дней "Стардаст" выполнит исследование кометы, а затем отправится в обратное путешествие. Капсула с образцами кометного вещества должна возвратиться на Землю 15 января 2006 г.

9. "NEAR" ("NEAR", США) за-

пущен 17 февраля 1996 г. 23 января 1998 г. станция сблизилась с Землей и пролетела на высоте 541 км. В течение года на трассе полета выполнялись необходимые маневры, и проверялась работа научной аппаратуры. 12 декабря была включена двигательная установка для торможения. Однако не удалось уравнивать скорости КА и астероида Эрос (№ 433). Как планировалось, "NEAR" должен был пролететь около астероида 10 января 1999 г., а затем через месяц выйти на орбиту вокруг него для исследо-

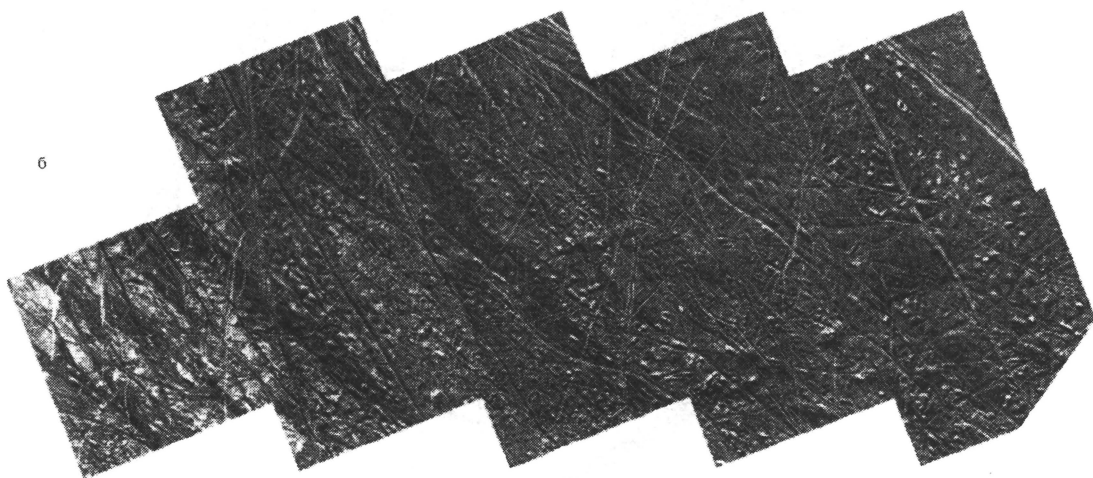
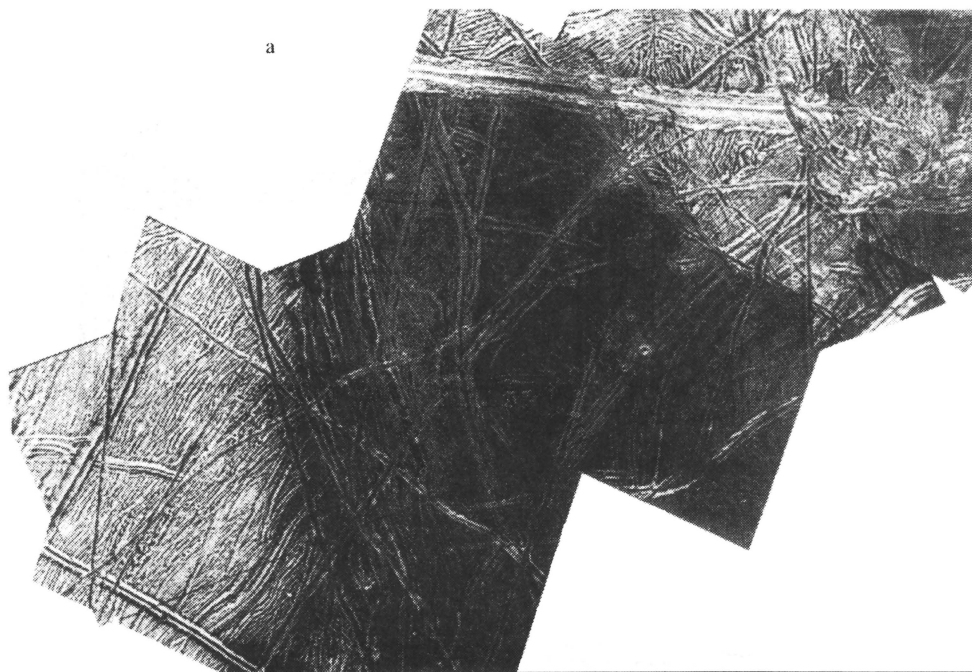
Траектория полета межпланетной станции "Стардаст": 1 – старт 7 февраля 1999 г., 2 – первый гравитационный маневр в марте 2000 г., 3 – первое изменение плоскости полета в мае 2000 г., 4 – первый пролет у Земли 15 января 2001 г., 5 – второй маневр в ноябре 2001 г., 6 – второе изменение плоскости полета в декабре 2002 г., 7 – третий маневр в июле 2003 г., 8 – второй пролет у Земли в июле 2003 г., 9 – пролет около кометы Вильда-2 2 января 2004 г., 10 – возвращение капсулы на Землю 15 января 2006 г.





Зонд "Стардаст". а) Механизм сбора кометного и межпланетного вещества: 1 – пылевая ловушка в двух положениях при проведении эксперимента, 2 – панели солнечных батарей, 3 – лобовой тормозной экран возвращаемой капсулы в раскрытом положении, 4 – кометный анализатор пыли, 5 – адаптер крепления к ракете-носителю и двигательный отсек, 6 – параболическая радиоантенна связи, 7 – корпус станции. Стрелками показано движение кометных частиц;

б) Возвращаемая капсула: 1 – парашют, 2 – штанга с пылевой ловушкой, 3 – лобовой тормозной экран, 4 – пылевая ловушка для сбора кометных частиц, 5 – плата служебных систем, 6 – защитный конус



Мозаика снимков участков поверхности Европы: а) видны длинные лучи разломов, скалы и террасы, протяженные впадины и сдвиги ледяных плато; в центре – темное пятно какого-то выброшенного материала. Север вверху, координаты – 1° с.ш. и 225° з.д., разрешение – до 50 м. Фотосъемка при пролете АМС "Галилей" 29 марта 1998 г. б) видна гладкая старая поверхность, расчерченная системой хребтов и скал; двойные хребты – остатки криовулканической деятельности, когда при плавлении льда вода выступила на поверхность и замерзла; темные точки – кратеры диаметром до нескольких километров. Север слева, площадь снимка 800×350 км, разрешение – 230 м. Снимки получены 25 сентября 1998 г.

ваний. 23 декабря 1998 г. станция пролетела мимо Эроса на расстоянии 4100 км и сделала 1100 снимков астероида.

Новая попытка сближения с астероидом Эрос намечена на февраль 2000 г. Если станция сможет выйти на орбиту вокруг астероида, то в течение 120 сут будет проведен комплекс научных исследований (на борту установлены шесть приборов).

10. **“Галилей”** (“Galileo”, США) запущен 19 октября 1989 г. С декабря 1997 г. КА работает по двухлетней дополнительной программе на орбите Юпитера. В 1998 г. выполнены очередные 14-18-й пролеты около Европы: 29 марта на высоте 1645 км, 31 мая на расстоянии 2516 км, 21 июля в 1829 км (из-за сбоя в работе одной из систем все научные данные были потеряны), 26 сентября на высоте 3582 км и 22 ноября в 2271 км. Фотографировались наиболее интересные участки поверхности Европы, а также Ио, Каллисто и Ганимеда. Регистрировались частицы и магнитное поле Юпитера, а УФ-спектрометр определял параметры атмосферы Европы, проведены глобальные фотометрические и температурные измерения. Изу-

чалось взаимодействие магнитосферы Юпитера с солнечным ветром, динамика движения плазмы. Выполнена съемка восхода Солнца в атмосфере Юпитера, структурных взаимодействий в кольцах, плазменного тора и вулканов Ио. Наблюдались гроззовые разряды в очагах конвекции вещества циклонических районов в атмосфере Юпитера.

Орбитальные параметры “Галилея” в 1998 г.: 13-й виток (январь) – высота 561219×7107295 км, наклонение $2,08^\circ$ и период обращения 49,86 сут, 18-й виток (ноябрь) – высота 570111×9150421 км, наклонение $1,73^\circ$ и период обращения 70,75 сут.

“Галилей” 1 февраля 1999 г. пролетел на расстоянии 1495 км от Европы, а затем четыре раза должен приблизиться к Каллисто (5 мая – 1311 км, 30 июня – 1050 км, 14 августа – 2288 км и 16 сентября – 1053 км). На 24-м и 25-м витках 11 октября и 26 ноября 1999 г. станция должна дважды встретиться с Ио. На этом научная программа “Галилея” завершится.

11. **“Улисс”** (“Ulysses”, ESA-NASA) запущен 7 октября 1990 г. АМС продолжает полет, вся научная аппаратура работает без замечаний,

регулярно передается информация о процессах на Солнце. Регистрируются ударные волны, интенсивность энергичных заряженных частиц, потоки космических лучей, широтное движение гелиосферного магнитного поля и солнечный ветер. “Улисс” выполнит повторные пролеты над полюсами Солнца: южным в конце 2000 г. – январе 2001 г. и северным в сентябре-декабре 2001 г.

12. **“Вояджер-1/2”** (“Voyager-1/-2”, США) запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. Обе АМС продолжают передавать информацию, работают 5 из 13 научных приборов. В ноябре 1998 г. временно пропадала связь с “Вояджером-2”, но она восстановилась и предполагается продлиться до 2020 г. К началу 1999 г. аппараты соответственно находились от Земли на расстояниях – 10,81 и 8,4 млрд км (радиосигнал шел 10 и 7,8 ч), угол возвышения над плоскостью эклиптики – 35° к северу и 48° к югу, их гелиоцентрические скорости составляют 17,3 и 16,9 км/с.

(По материалам NASA, JPL, ESA, ISAS и журналов “Spaceflight”, “Sky and Telescope” и “Новости космонавтики”)
С.А. Герасютин

Информация

Сувенирные фрагменты радиотелескопа

Руководство университета штата Огайо (США) решило снести “Большое Ухо” – 90-м радиотелескоп. Предполагается сделать на его месте площадку для гольфа. Этот телескоп знаменит не своими размерами, бывают и больше, но тем, что

начав раньше других участвовать в программе поисков внеземных цивилизаций (SETI), он зарегистрировал в 1977 г. радиосигнал, необъясненный до сих пор. Сигнал пришел со стороны созвездия Стрельца и длился 37 с. По мнению специалистов, его характеристики говорят либо об искусственном происхождении (ВЦ!), либо о существовании неизвестного вида астрономических объектов.

Добровольная общественная организация “Лига SETI” безуспешно протестовала против сноса исторического радиотелескопа.

Единственное, чего она добилась, это разрешения подобрать ключья металлической сетки, покрывавшей поверхность чаши антенны.

Сетку разрезали на куски размером 10,5 см, прикрепили их к деревянным дощечкам и выставили на продажу по 100 долл за штуку. К сувениру придается сертификат, подтверждающий его происхождение и объясняющий, что размер соответствует половине длины радиоволны, на которой шли наблюдения.

New Scientist 1998, 159, 22

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ:

июль – август 1999 г.

ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОЛНЦЕ – ЗЕМЛЯ – ЛУНА

Земля в перигее Июль 6, 22,8^ч $R_{\min} = 1,016717949$ а.е. = 152,1 млн км

Частное лунное затмение Июль 28

противостояние Луны и Солнца 11^ч46^м50,2^с
продолжительность 2 час 24 мин, наибольшая фаза 0,399.

На территории России можно видеть затмение только на северо-востоке Азии.

Полностью – восточнее линии Южно-Сахалинск, Эвенск, мыс Шмидта.

Полное солнечное затмение Август 11
геоцентрическое соединение Солнца и Луны 10^ч51^м11,7^с

начало частного затмения 8^ч26,2^м

конец частного затмения 13^ч40,1^м

Затмение видимо на северо-востоке Северной Америки, Гренландии, Атлантическом океане, Европе, Северной Африке, Азии (кроме тихоокеанского побережья), Индийском океане.

ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНЕТАХ

Меркурий: стояние Июль 12, 3,3^ч
нижнее соединение Июль 26, 15,8^ч

стояние Август 5, 16,3^ч

наибольшая западная элонгация Август 14, 14,0^ч (19°)

Венера: стояние Июль, 27, 20,3^ч

нижнее соединение Август 20, 12,0^ч

Юпитер: стояние Август 25, 12,1^ч

Сатурн: стояние Август 30, 16,4^ч

Уран: противостояние Август 7, 18,6^ч

Нептун: противостояние Июль 26, 9,5^ч

Плутон: стояние Август 21, 8,6^ч

Соединения планет: Август 26, 12,5^ч

Меркурий 10,2°N с Венерой

ФАЗЫ ЛУНЫ

последняя четверть	новолуние	первая четверть	полнолуние
Июль 6, 11 ^ч 57 ^м	Июль 13, 2 ^ч 24 ^м	Июль 20, 9 ^ч 00 ^м	Июль 28, 11 ^ч 25 ^м
Август 4, 17 ^ч 27 ^м	Август 11, 11 ^ч 08 ^м	Август 19, 1 ^ч 47 ^м	Август 26, 21 ^ч 48 ^м

ПЕРИГЕЙ И АПОГЕЙ ЛУНЫ И РАССТОЯНИЯ ДО ЛУНЫ

перигей	апогей	перигей	апогей
Июль 11, 6,2 ^ч 361777 км	Июль 23, 5,7 ^ч 404925 км	Август 7, 23,5 ^ч 366705 км	Август 19, 23,5 ^ч 404262 км

СОЕДИНЕНИЯ ПЛАНЕТ С ЛУНОЙ

дата	время	планета		дата	время	планета	
июль 1	2,6 ^ч	Нептун	1°S	август 4	2,1 ^ч	Юпитер	4°N
июль 2	2,7	Уран	0,4 S	август 5	0,0	Сатурн	3 N
июль 7	15,3	Юпитер	4 N	август 10	2,6	Меркурий	1 S
июль 8	14,7	Сатурн	3 N	август 12	5,0	Венера	9 S
июль 14	8,9	Меркурий	3 S	август 18	12,1	Марс	7 S
июль 15	22,6	Венера	3 S	август 24	14,4	Нептун	1 S
июль 20	22,0	Марс	7 S	август 25	12,9	Уран	2 S
июль 28	7,8	Нептун	1 S	август 31	8,8	Юпитер	4 N
июль 29	7,1	Уран	1 S				

Примечание: N – планета находится к северу от Луны, S – к югу.

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ (НА 0°УТ)

Дата	Прямое вос- хождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск
------	-------------------------	-----------	--------------------	-------

УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

МЕРКУРИЙ

Июль	5	8 ^h 36 ^m 46.4 ^s	+17°33'30"	9.1"	1.0 ^m
	15	8 43 19.7	14 37 54	10.8	—
	25	8 22 06.7	14 21 03	11.5	—
Август	4	8 00 27.2	16 31 40	10.0	—
	14	8 15 57.9	18 25 41	7.6	0.1
	24	9 13 29.2	17 03 24	5.9	-1.0

МЕРКУРИЙ: виден по утрам в августе. Созвездие Рака.

ВЕНЕРА

Июль	5	9 50 34.7	+13 20 41	32.1	-4.4
	15	10 11 13.8	9 54 44	37.4	-4.5
	25	10 21 27.9	6 55 05	43.9	-4.5
Август	4	10 18 18.6	4 52 44	51.0	-4.3
	14	10 01 23.3	4 19 58	56.6	-4.1
	24	9 37 32.5	5 23 07	57.7	-4.0

ВЕНЕРА: видна вечером в июле. Созвездия Льва, Секстанта.

МАРС

Июль	5	13 49 45.1	-12 32 39	11.1	-0.4
	15	14 03 40.2	-13 59 14	10.4	-0.2
	25	14 20 26.8	-15 34 25	9.7	-0.1
Август	4	14 39 41.8	-17 13 43	9.2	0.1
	14	15 01 10.8	-18 53 01	8.6	0.2
	24	15 24 43.4	-20 28 25	8.2	0.3

МАРС: вечерняя видимость, постепенно сокращающаяся. Созвездия Девы, Весов.

ЮПИТЕР

Июль	5	1 57 14.2	+10 40 07	38.1	-2.3
	15	2 02 24.4	11 06 00	39.2	-2.4
	25	2 06 39.0	11 26 21	40.4	-2.4
Август	4	2 09 51.5	11 40 50	41.7	-2.5
	14	2 11 55.3	11 49 07	43.1	-2.5
	24	2 12 44.9	11 50 56	44.5	-2.6

ЮПИТЕР: утренняя видимость, в начале июля с полночи, в конце августа виден почти всю ночь. Созвездие Овна.

САТУРН

Июль	5	2 51 13.5	14 02 22	17.1	0.1
	15	2 54 27.1	14 14 43	17.4	0.0
	25	2 57 09.4	14 24 23	17.6	0.0
Август	4	2 59 17.0	14 31 16	18.0	0.0
	14	3 00 46.6	14 35 16	18.3	-0.1
	24	3 01 35.6	14 36 18	18.6	-0.1

САТУРН: утренняя видимость, постепенно увеличивающаяся. Созвездие Овна.

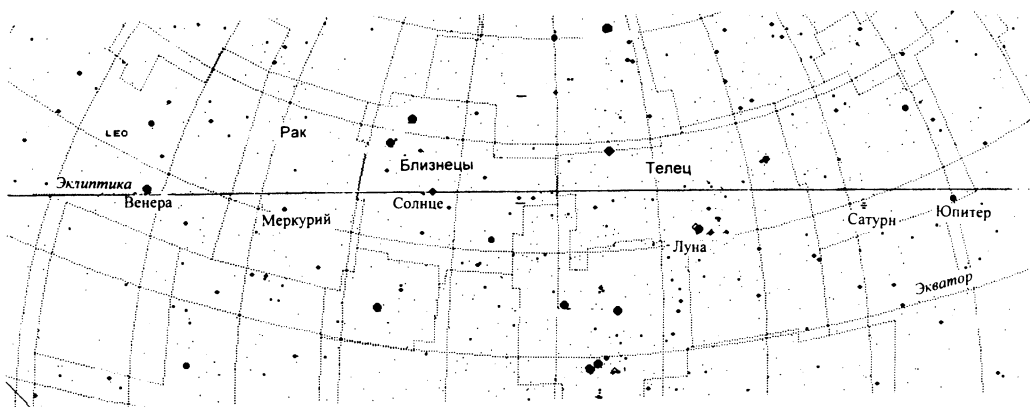
УРАН

Июль	5	21 14 57.1	-16 41 29	3.7	5.7
	15	21 13 37.8	-16 47 39	3.7	5.7
	25	21 12 09.4	-16 54 24	3.7	5.7
Август	4	21 10 35.6	-17 01 26	3.7	5.7
	14	21 09 00.0	-17 08 28	3.7	5.7
	24	21 07 26.7	-17 15 13	3.7	5.7

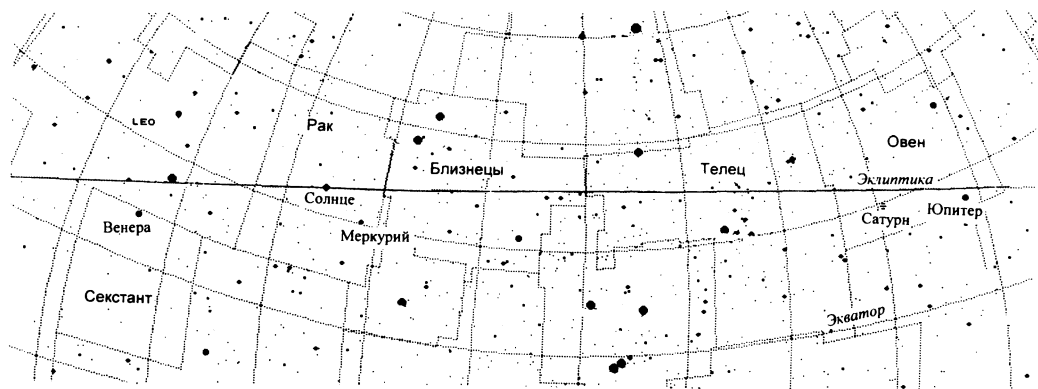
УРАН и НЕПТУН: видимость в течение почти всей ночи. Созвездие Козерога.

НЕПТУН

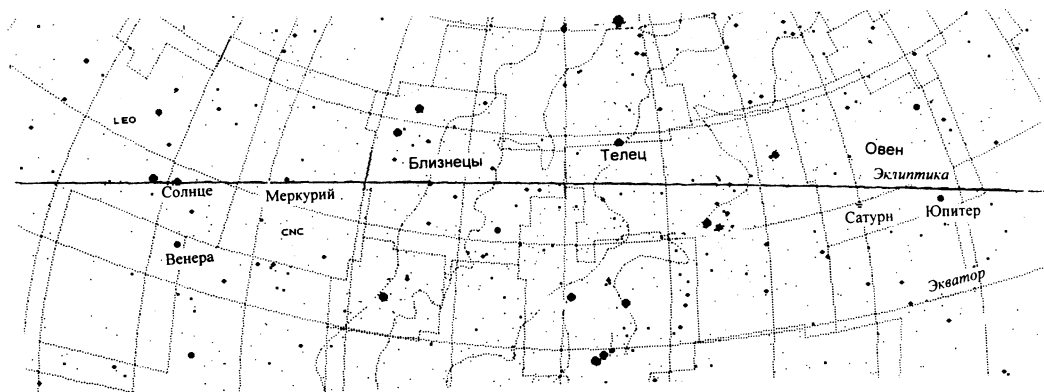
Июль	5	20 23 06.6	-19 05 07	2.3	7.8
	15	20 22 03.2	-19 08 46	2.3	7.8
	25	20 20 56.9	-19 12 35	2.3	7.8
Август	4	20 19 50.2	-19 16 25	2.3	7.8
	14	20 18 45.5	-19 20 07	2.3	7.8
	24	20 17 45.4	-19 23 33	2.3	7.9



Солнце, Луна и планеты Венера, Сатурн, Меркурий, Юпитер на эклиптике 10 июля 1999 г.



Солнце и планеты Венера, Меркурий, Сатурн, Юпитер на эклиптике 30 июля 1999 г.



Солнце и планеты Венера, Меркурий, Сатурн и Юпитер на эклиптике 20 августа 1999 г.

**Восход Солнца и планет с утренней видимостью
на широте 56°**

	Солнце	Меркурий	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Июль 5	3 ^h 22 ^m	5 50	23 58	0 29	22 06	21 32
15	3 34	5 37	23 21	23 52	21 26	20 52
25	3 50	4 38	22 44	23 14	20 46	20 12
Август 4	4 09	3 22	22 06	22 36	20 06	19 28
14	4 28	2 45	21 28	21 58	19 22	18 48
24	4 48	3 14	20 49	21 19	18 42	18 08

**Заход Солнца и планет с вечерней видимостью
на широте 56°**

	Солнце	Венера	Марс
Июль 5	20 47	22 24	23 43
15	20 37	21 42	23 09
25	20 22	20 54	22 35
Август 4	20 02	19 58	22 04
14	19 40	18 59	21 34
24	19 16	18 03	21 06

Примечание: в таблицах указано местное время. Чтобы определить время захода (восхода) по Вашим часам, прибавьте к моменту, указанному в таблице, разницу между временем Вашего часового пояса и всемирным временем UT (целое число часов) и вычтите долготу пункта наблюдений.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	дата видимости	радиант		созвездие	V км/с	Часовое число
		α	δ			
Каприкорниды	июль 10 – авг 20	21 00	–15	Козерог	30	9
δ -Аквариды	июль 12 – авг 19	22 36	–16	Водолей	40	12
Пегасиды	июль 18 – 31	22 44	21	Пегас	50	9
Кассиопеиды	июль 17 – авг 15	0 56	63	Кассиопея	60	18
Персеиды	июль 17 – авг 24	2 06	56	Персей	60	60
Цефеиды	август 10–24	20 44	62	Цефей		8

В.А. ЮРЕВИЧ

Последнее полное солнечное затмение тысячелетия

И.С. КИМ,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

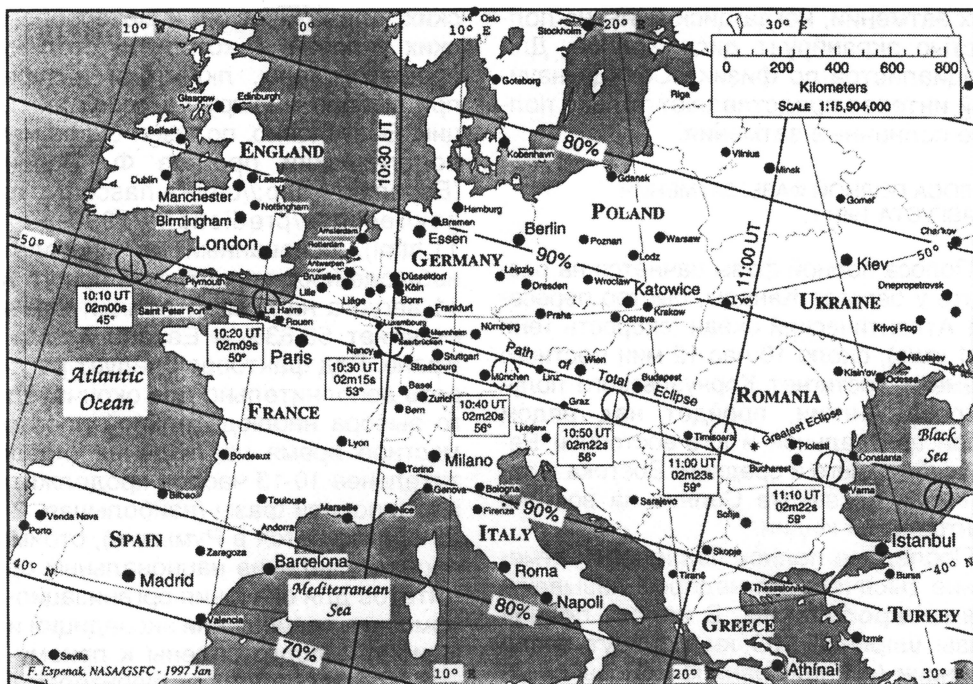
Астрономы активно готовятся к наблюдениям полного **солнечного затмения 11 июля 1999 г.** Прежде чем рассказать о нем, скажем несколько слов о затмениях.

Тонкий яркий серп диска Солнца с восточной стороны быстро уменьшается. Столь же быстро сгущаются сумерки. “Десять-девять-восемь-семь-шесть-пять-четыре-три-два-один – КОНТАКТ!” Вокруг черного диска Луны вспыхивает жемчужное сияние, состоящее из ярких арок, петель и лучей различной конфигурации. Незабываемое, фантастическое зрелище – на фиолетово-синем небе ярко сияющая серебристо-белая солнечная корона, пурпурные “облака” протуберанцев, “плывущие” над лимбом Луны, одна или несколько звезд на небольших угловых расстояниях от Луны, оранжево-желтое заревое “кольцо” на горизонте...

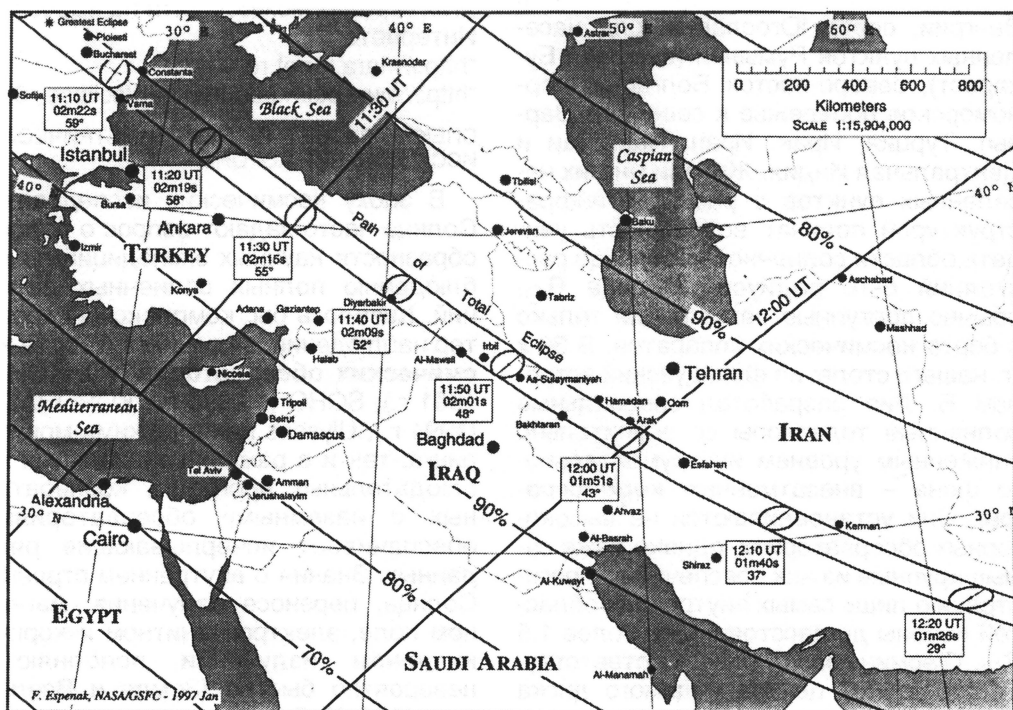
Природа подарила нам уникальную возможность визуальных наблюдений внутренних областей **солнечной короны** – разреженных высокотемпературных верхних слоев солнечной атмосферы, расположенных над видимым диском Солнца. Угловые размеры дисков Луны и Солнца близки. При определенных обстоятельствах, когда Солнце,

Луна и Земля находятся на одной прямой и видимый диск Луны больше или равен диску Солнца, наблюдатели, находящиеся в конусе тени Луны, увидят **полное солнечное затмение**. Это наиболее впечатляющее, но, к сожалению, кратковременное астрономическое явление. Длительность **полной фазы** не превышает 7 мин 40 с для наблюдателя, находящегося вблизи экватора, а в среднем она равна 2-3 мин, и зачастую оказывается меньше расчетной из-за рельефа Луны. Тем не менее, продолжительность всего события от первого до четвертого контактов составляет 3-4 часа.

В среднем, полные солнечные затмения происходят один раз в полтора года. Полоса полной фазы иной раз проходит по труднодоступным местам. В одном и том же месте полное солнечное затмение можно видеть один раз в 300 лет. Поэтому не стоит удивляться популярности экспедиций по наблюдению полных солнечных затмений, в которых принимают участие как профессионалы, так и любители астрономии. Солнечная корона, чья яркость вблизи лимба Солнца в миллион раз меньше яркости видимого диска, остается недоступной наблюдателю во время част-



a)



b)

Полоса полной фазы затмения 11 августа 1999 г. в Европе (а) и на Ближнем в Среднем Востоке (б)

ных затмений, когда диск Луны не полностью экранирует диск Солнца. Для специалистов по физике Солнца научный интерес представляют только полные солнечные затмения.

ПОЛОСА ПОЛНОЙ ФАЗЫ ЗАТМЕНИЯ 11 АВГУСТА 1991 г.

Полоса полной фазы начнется на рассвете у берегов Канады, быстро пересечет Атлантический океан (скорость тени 0,91 км/с), около 10 час 12 мин местного времени достигнет Корнуэльского полуострова Англии, пройдет над рядом стран центральной и юго-восточной Европы, ближнего и среднего Востока и закончится на закате Солнца на востоке Центральной Индии.

Последнее полное солнечное затмение тысячелетия недаром называют **транс-европейским**. В полосу полной фазы шириной 103 км попадут север Франции (южная граница полосы пройдет в 30 км от Парижа), юг Бельгии, Люксембург, ряд городов Германии (Штутгарт, Мюнхен и другие), г. Зальцбург в Австрии, окрестности озера Балатон в Венгрии, север Югославии, ряд населенных пунктов Румынии (включая Бухарест), северо-восток Болгарии (черноморское побережье к северу от Варны), Турция, Ирак, Иран, Пакистан и Центральная Индия. Жители многих населенных пунктов с развитой инфраструктурой получат возможность увидеть области солнечной короны до расстояний 6-10 радиусов Солнца $R_{\odot}$, обычно доступные регистрации только с борта космических аппаратов. В 30-х гг. нашего столетия французский астроном Б. Лио разработал специальные солнечные телескопы со значительно сниженным уровнем инструментального фона – внезатменные **коронोगрафы**. Они устанавливаются на высокогорных обсерваториях, однако даже самые крупные из них обеспечивают регистрацию лишь самых внутренних областей короны до расстояний не более 1,5 $R_{\odot}$. (Термин “расстояние” соответствует отсчету от центра видимого диска Солнца.)

Путь полосы полной фазы свидетельствует о многообразии географиче-

ских, климатических и метеорологических условий, с которыми столкнутся профессионалы, любители и туристы при выборе маршрутов своих экспедиций. Безусловно, полезен будет метеорологический прогноз Ф. Эспенака (Esenak, <http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/predictions/1999-august-11.html>), основанный на многолетних наблюдениях: вероятность ясного неба 11 августа на момент полной фазы составляет 53-63% в Европе и 95% – в Иране. Ряд факторов следует рассмотреть дополнительно для окончательного выбора наблюдательной площадки: местное время наблюдения (предпочтительнее 10-13 часов), продолжительность полной фазы (наибольшая, 2 мин 23 с, ожидается в Румынии), стоимость проезда, наличие национальных оргкомитетов для оказания организационной помощи в размещении экспедиций и т.д. Наиболее подготовлены к приему гостей (профессионалов, любителей и туристов) Румыния и Турция. Необходимые данные о возможностях наблюдения полного солнечного затмения в этих странах можно найти по адресам в Интернете:

[“http://mara.x-net.ro”](http://mara.x-net.ro)

[“http://www.boun.edu.tr/~koeri/eclipse_99/”](http://www.boun.edu.tr/~koeri/eclipse_99/)

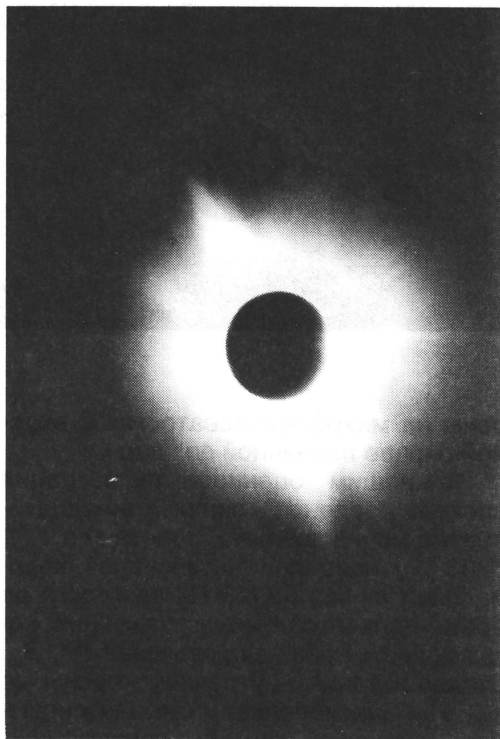
СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРОНЫ

В эпоху космических исследований Солнца часто задают вопрос о целесообразности научных экспедиций по наблюдению полных солнечных затмений. Казалось бы, комплексный характер наблюдений, ведущихся с борта **космических обсерваторий** YОНKОН (с 1991 г.), SOHO (с 1996 г.), KOPONAC-II (1994 г.), Ulysses как в режиме мониторинга, так и в рамках специальных наблюдательных программ, кооперативных с наземными обсерваториями, обеспечивает исчерпывающие ряды данных. Знания о внутреннем строении Солнца, переносе излучения, магнитном поле, электромагнитном и корпускулярном излучении пополняются невероятно быстро (Земля и Вселенная, 1993, № 5).

Солнечная корона – разреженная высокотемпературная $(1-2) \times 10^6$ К

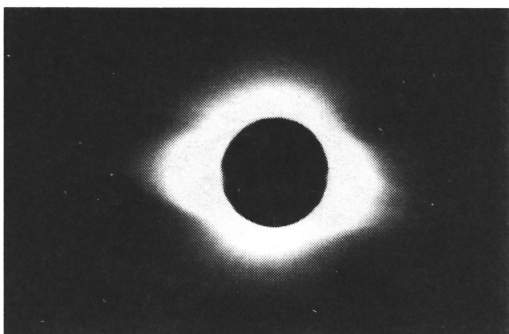
верхняя атмосфера, активно исследуется в последнее десятилетие наземными и космическими средствами. Магнитная природа структуры "белой" короны очевидна. На расстояниях менее $1,5 R_{\odot}$ она характеризуется богатством наблюдаемых форм. Это **петли, арки, джеты** (выбросы), а также долгоживущие крупномасштабные шлемовидные и радиальные лучи (**стримеры**). С удалением от Солнца структура становится более упорядоченной, приобретая на расстояниях $(3-4) R_{\odot}$ квази-радиальный характер. Можно сделать вывод об активной работе основных механизмов, ответственных за формирование короны, в области $< 4 R_{\odot}$. Однако до настоящего времени эти участки солнечной короны остаются недоступными прямой спектральной и магнитографической регистрации.

Вблизи минимума солнечной активности над северной и южной полярными областями, как правило, наблюдаются участки пониженной яркости, получившие название полярных корональных дыр. В них локализуются полярные щеточки (перья – *polar plumes*), природа которых неясна до настоящего времени. В зависимости от фазы цикла солнечной активности корональные дыры меньшего размера встречаются на разных широтах. Наиболее отчетливо корональные дыры выявляются на изображениях Солнца в мягком рентгеновском диапазоне. По современным представлениям области корональных дыр соответствуют высокоскоростным (≈ 700 км/с) потокам солнечного ветра, а области крупномасштабных шлемовидных стримеров – низкоскоростным (300-400 км/с). Эти плазменные потоки, взаимодействуя с окружающим Землю космическим пространством, определяют в значительной степени "космическую погоду". Проблемы глобальной энергетической системы "Солнце-солнечный ветер-магнитосфера-ионосфера-атмосфера Земли" активно обсуждаются мировой научной общественно-



стью (Земля и Вселенная, 1997, № 6, с. 3-12).

Также нерешенными остаются ключевые проблемы физики короны – механизмы нагрева короны и ускорения солнечного ветра. Предложенные механизмы нагрева (волны, магнитное пересоединение) и ускорения нуждаются в наблюдениях, подтверждающих или отрицающих справедливость теорий. Потому-то так необходимы поляриметрические и спектральные исследования короны для получения данных о ее трехмерной структуре, наличии токов, о реальном поле нетепловых скоростей в короне, обусловленных колебаниями, вращением, направленными движениями корпускулярных потоков. Основные причины, препятствующие успешной регистрации спектров на больших расстояниях, – малая интенсивность эмиссионных линий короны, значительный градиент интенсивности монохроматической короны с расстоянием, инструментальный фон "затменных" коронографов (10^{-2} – $10^{-3} B_{\odot}$, где $B_{\odot}$ – яркость центра диска Солнца), обусловленный рассеянием света яркой внутренней ко-



"Белая" корона 24 октября 1995 г., Ним Ка Тана (Индия). Север – вверху, восток – слева

роны на микрошероховатостях и входной оправе первичной оптики.

По нашим оценкам, регистрация спектра "зеленой" линии тринадцатикратно ионизованного железа (Fe XIV , $5303 \text{ \AA}$), наиболее интенсивной корональной линии, на $3,5 R_{\odot}$ возможна во время полных солнечных затмений, когда яркость неба не превышает $10^{-8} B_{\odot}$. Экранирование внутренней короны до $1,3 R_{\odot}$, применение низкорассеивающей питающей оптики, современных ПЗС, светосильных диспергирующих систем (интерферометров Фабри-Перо) обеспечат успешную регистрацию спектра зеленой линии короны при времени экспозиции до 30 с. Здесь особо важно, что солнечное затмение произойдет вблизи максимума очередного, 23-го цикла солнечной активности.

Перспективность поляризметрических наблюдений в эмиссионных линиях, выполняемых во время полного солнечного затмения, показана в работах ИЗМИРАН, Астрономического института Словацкой АН, ГАИШ МГУ. Наблюдения с фильтром в двух линиях спектра, применение ПЗС, современного программного обеспечения для обработки изображений, представление света в виде параметров Стокса позволит получить данные о магнитных полях в короне.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во время полных солнечных затмений яркость неба снижается на 2-3 порядка относительно яркости неба на высокогорных обсерваториях и составляет $10^{-8} - 10^{-9} B_{\odot}$. Появляется уни-

кальная возможность исследования инструментального фона прототипов зеркальных коронографов, ахроматических коронографов нового поколения.

Известно, что лабораторные измерения инструментального фонаотягощены ошибками, связанными с этапами абсолютной калибровки. Регистрация же диска (серпа) Солнца вблизи второго и третьего контактов обеспечила бы уверенные оценки инструментального фона с идеальной абсолютной калибровкой.

ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ

Очевидно, что экспедиции по наблюдению полных солнечных затмений очень интересны и полезны для обучения студентов, участников астрономических кружков, школьников. За сравнительно короткий промежуток времени (несколько дней) им предстоит построить мини-обсерваторию: "проложить" меридиан, установить целостаты (или сидеростаты) и монтировки, провести их тонкую юстировку по широте и долготе, обеспечивающую четкость изображения порядка углового разрешения питающей оптики на время экспозиции 30 с. Студенты отечественных и зарубежных университетов активно участвуют в экспедициях по наблюдению полных солнечных затмений.

ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Рекомендации по программам, направленным на исследование химических и физических процессов, происходящих в атмосфере Земли (цвет, яркость и поляризация неба, изменения температуры и давления, процессы в пограничном слое "атмосфера-поверхность", атмосферное электричество и проводимость, атмосферный гидроксил, флуктуации озона, вариации состава стратосферы и т.д.) и список соответствующей литературы можно найти по адресу: http://www.williams.edu/Astronomy/IAU_eclipse/atmospheric.html.

Рабочая группа № 7 (Working Group 7) по солнечным затмениям JOSO (Joint Organization for Solar Observations – объединенная организация по солнечным наблюдениям) организует транс-европейскую сеть поляриметрических исследований “белой” короны во время предстоящего полного солнечного затмения 11 августа 1999 г. Руководитель – Фредерик Клетте. Участники проекта будут обеспечены поляроидной пленкой и фотопленкой с впечатанной лабораторной калибровкой, им будет оказана помощь при прохождении таможни.

Подробности реализации проекта можно найти по адресу: “<http://joso.oat.ts.astro.it/htm/WG7-Activities.htm>”.

Французские, словацкие и украинские астрономы предполагают провести фотографирование “белой” короны с радиальным фильтром с трех наблюдательных станций, расположенных вдоль полосы полной фазы. Инициатор проекта – французский астроном Серж Кучми.

Польские астрономы (Б. Ромполт и др.) в кооперации с сотрудниками NASA

планируют эксперимент по поиску высокочастотных колебаний интенсивности зеленой корональной линии.

Российские астрономы, имеющие опыт поляриметрических и спектральных исследований короны, также готовятся к экспедиции.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СОВЕЩАНИЯ

Три международных совещания, приуроченных к дате затмения, состоятся в Румынии и Турции:

26 июля – 14 августа, Школа молодых исследователей, г. Бухарест, Румыния (magda@roastro.astro.ro);

9-20 августа, Конференция НАТО по перспективным направлениям научных исследований, г. Бухарест, Румыния (magda@roastro.astro.ro);

13-15 августа, Международная конференция “Последнее полное солнечное затмение тысячелетия”, Турция, г. Стамбул (http://www.boun.edu.tr/~koeri/eclipse_99/).

Будем надеяться, что в наблюдениях последнего полного солнечного затмения в этом тысячелетии примут активное участие астрономы-профессионалы, многочисленные любители астрономии и туристы. Удачи всем!

Информация

Европа борется с “парниковым” эффектом

К июлю 1998 г. благополучно завершились продолжавшиеся несколько месяцев в Люксембурге переговоры между правительства-

ми 15 государств, входящих в Европейский Союз, о мерах уменьшения концентрации “парниковых” газов в атмосфере, накопление которых угрожает Земле значительным потеплением.

Согласно ранее принятым обязательствам, страны Европейского Союза в общем должны к 2010 г. сократить выбросы в воздушное пространство шести газов, входящих в комплекс “парниковых”, на 8% по сравнению с 1990 г. Теперь определена квота каждого из госу-

дарств. Установлено, что, например, Люксембург уменьшит подобный выброс на 28%, Германия и Дания – на 21%, а Великобритания – на 12,5%. Финляндия и Франция стабилизируют процесс, сохранив его на уровне 1990 г. Лишь менее развитым Греции, Испании, Ирландии, а также Швеции, разрешено в немного меньшей степени сократить свои выбросы “парниковых” газов.

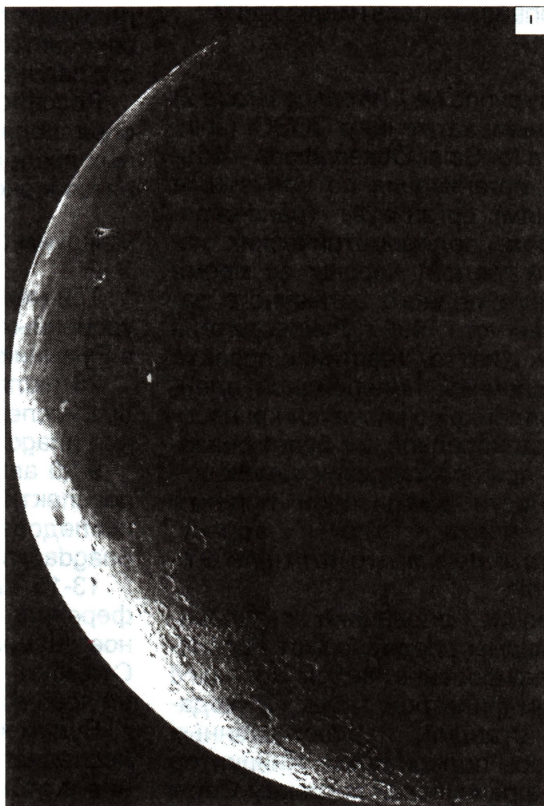
New Scientist, 1998, 158, 23

“Больше света + большее поле = больше информации”

Новейший астрономический инструмент Европейской Южной Обсерватории – суперкамера с 67 млн светочувствительных элементов.

Обычно размеры детекторов, используемых в оптических астрономических приборах, по техническим причинам ограничены мозаикой из 4000×4000 пикселей (ячеек). В новом приборе детектор сделан составным, из 8 отдельных состыкованных блоков, 2046×4098 пикселей в каждом, чувствительных к широкому участку спектра, от ультрафиолетового до инфракрасного (380–930 нм). Это составляет 67076064 пикселей, уложенных на поле 12×12 см.

Новый инструмент, цифровой построитель изображения широкого поля (Wide Field Imager – WFI), установлен в кассегреневом фокусе 2,2-м телескопа обсерватории Ла Силья в декабре 1998 г. После тщательной юстировки и испытаний прибор WFI получил первые снимки небесных объектов, несущие ценную научную информацию, – “Первый свет”.



Ущербная Луна. Возраст 24,3 дня (5 дней до новолуния). Снимки получены на 2,2-м телескопе Европейской Южной Обсерватории. Серия коротких экспозиций с фильтром, пропускающим в ближнем инфракрасном свете. На первом – край Луны, наглядно показавший размер полного поля зрения камеры. На втором – море Влажности с кратером Гассенди вверху, перекрывшим кольцевой ободок моря. Снимок сделан с высоким разрешением – 470 м поверхности Луны на 1 пиксель

С полем $32,4' \times 32,4'$, большим, чем полная Луна, новый прибор способен получать изображения очень слабых протяженных небесных объектов. Наибольшее поле зрения – $7'$ – на ЕЮО до сих пор имел прибор Форс-1, применяемый на Очень Большом Телескопе (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Масштаб изображения достигает $0,24''$ на пиксель. Объектив собирает и подает на один пиксель размером около $0,015$ мм 80% света, поступившего от точечного небесного объекта.

Контроллер работы телескопа способен снять информацию со всей площади детектора за 27 с. Впечатляющее быстродействие, если учесть, что одно изображение WFI содержит 0,14 Гбт. Оно приносит за один раз больше наблюдательных данных, чем все остальные телескопы ЕЮО, вместе взятые, включая первое зеркало ОБТ.

Контроллер командует также особым, девятым блоком пикселей, в котором сцентрировано изображение яркой звезды, форма и положение которой считывается два раза в секунду. Это позволяет очень точно отслеживать смещение поля зрения и получать резкие изображения при любой длительности экспозиции.

Широкоугольные наблюдения в астрономии традиционно велись на телескопах Шмидта. Однако фотографические пластинки, применяемые при этом, способны уловить не более 3% падающего на эмульсию света. ПЗС-матрица WFI улавливает более 90% падающих фотонов. Кроме того, снимок ПЗС сразу готов для компьютерного анализа, в то время как фотопластинка нуждается в длительной, трудоемкой и дорогостоящей обработке. Единственным преимуществом астрографов остается большее поле зрения (5° – 15°).

Широкоугольная астрономия способна исследовать детальную структуру протяженных небесных объектов, а также находить редко встречаемые объекты и выявлять их статистику. Важным применением WFI станет поиск сверхновых в далеких скоплениях галактик и оптическое детектирование послесвечений гамма-всплесков, для которых спутниковые гамма-телескопы дают только приближенные координаты. С его помощью будут исследованы далекие галактики и квазары, скопления галактик, галактики малой поверхностной яркости. Будут проводиться поиски гравитационных линз, объектов с эмиссионными линиями в спектрах, коричневых карликов, малых тел Солнечной системы и т.п. Наиболее интересные объекты, найденные на небе с помощью WFI, затем будут исследованы на ОБТ.

ESO Press Release 02/99

15 January 1999

Информация

Аналог раннего диска Солнечной системы

Группа астрономов из США, Испании и Мексики, работающая в Национальной радиоастрономической обсерватории США, в Сокорро, штат Нью-Мексико, объявила об открытии очень маленького протопланетного диска.

Наблюдения произведены на телескопе VLA (Very Large Array – очень широкая сеть) – комплекс из двадцати семи радиоантенн, каждая 25 м в диаметре. Антенны способны перемещаться, изменяя конфигурацию сети. Работа была выполнена, когда сеть антенн была растянута более чем на 36 км, обеспечивая чрезвычайно высокое разрешение, необходимое в этом случае.

VLA был наведен в ядро объекта NGC 2071, находящегося на расстоянии около 1300 световых лет. Группа астрономов смогла измерить вращение диска вокруг молодой звезды. Это – первое прямое подтверждение орбитальных движений в протопланетном диске. “Эти исследования помогут ответить на вопрос: как легко, или как трудно создать планеты,” – сказал Хосе Торельяс из Института астрофизики в Андалузии, Испания, руководитель научно-исследовательской группы. – “Другие протопланетные диски известны, но система в NGC 2071 – первая, сравнимая по размеру с диском, в котором сформировалась наша собственная Солнечная система. Размер ее подобен орбите Нептуна...”

Масса обнаруженного диска – менее $0,01 M_{\odot}$. Тем не менее в нем уже образовались несколько компактных групп водяных молекул, способных генерировать мазерное излучение. Проследивая их движения, исследователи смогли оп-

ределить, что в центре диска находится масса порядка $1 M_{\odot}$.

Исследователи также обнаружили мощный радиовыброс, исходящий из центра диска перпендикулярно к нему. Теоретики считают, что такие джеты возникают вокруг очень молодых звезд при воздействии звездного ветра на вещество, не упавшее на звезду.

“Мы уверены, что системы, подобные этой, с дисками газа и пыли, окружающие молодые звезды, превращаются в системы, содержащие планеты, луны и кометы, но мы не знаем точно, как это происходит”, – сказал д-р Луис Родригес из Национального Автономного Университета в Мексико. – “Этот объект, где мы можем видеть все эти явления и измерить скорости вращения и массы, обеспечит нас идеальной лабораторией для понимания процесса образования планет.”

NRAO release: October 23, 1998

Спутники больших планет

Во второй половине нашего века интерес к Солнечной системе в целом и, особенно, к спутникам планет сильно возрос. Произошло это в связи с ростом технических возможностей в изучении космического пространства и, главным образом, началом полетов космических аппаратов к планетным системам. Такие полеты позволили уточнить данные об уже известных спутниках и открыть новые в системах Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, а также дополнили наши знания о кольцах планет-гигантов. К настоящему моменту в Солнечной системе известно около 70 естественных спутников больших планет.

В 1610 г. Галилео Галилеем были обнаружены первые четыре больших спутника Юпитера. Затем во второй половине XVII столетия открыты пять больших спутников у Сатурна. В XVIII в. было найдено еще четыре спутника, в XIX – восемь и в XX (до 1975 г. включительно) – двенадцать. С 1979 г. – с началом пролетов космических зондов вблизи больших планет – началось открытие мелких спутников и с их помощью уже обнаружено более 30. Два найдено у Юпитера (1979 г.); кроме того, полет Вояджера-2 подтвердил открытие XIV-го спутника этой планеты, сделанное с Земли в январе 1975 г. У Сатурна стало известно на одиннадцать спутников больше (1980–1985 гг.); вернее – зонды нашли девять новых, об открытии десятого, Януса, было объявлено Дольфюсом в 1966 г., но детальное изучение снимков Вояджера-1 показало, что на предсказанной орбите спутника нет, зато чуть ближе к цент-

ральной планете – сразу два очень маленьких (двуликий Янус – римский бог всех начинаний – раздвоился и предстал в двух ликах – Януса и Эпиметия). Видимо, Дольфюс увидел их при сближении и принял за одно тело. Еще один спутник – Елена (окончательное – на сегодняшний день – имя, сначала его называли Диона В, затем – Электра), был дважды “открыт” учеными и только при окончательной обработке наблюдений отождествлен как один. Интересно также история открытия последнего по времени обнаружения спутника Сатурна Пана – он был замечен при обработке снимков Вояджера-2 в 1985 г. и окончательно отождествлен в 1991 г. Десять спутников зонды нашли у Урана (1985-1986 гг.). Еще два были обнаружены с Земли в 1997 г. Шесть новых спутников найдено у Нептуна (1989 г.). При этом их орбиты были предвычислены теоретически, до открытия самих спутников, в Институте астрономии РАН, и, как показали наблюдения, предвычислены удивительно точно.

Имена спутникам, как и другим астрономическим объектам, присваиваются на Генеральной Ассамблее МАС (Международного Астрономического Союза) и берутся, главным образом, из греческой и римской мифологии (исключение – система Урана, где фигурируют имена героев Шекспира).

Кроме спутников, почти у всех планет-гигантов имеются кольца, разделенные щелями. Первым, кто написал о Сатурне: “кольцом окружен тонким, нигде не соприкасающимся, к эклиптике наклоненным”, был Х. Гюйгенс (1656 г.).

В 1675 г. Д. Кассини увидел в этом кольце щель, разделившую его на два (деление Кассини). В 1825 г. В.Я. Струве использовал буквы **А** и **В** для названия колец Сатурна, выделив внешнее – **А** и внутреннее – **В**. В 1837 г. было открыто деление Энке – широкая зона пониженной яркости в середине кольца **А**, в 1838 г. Галле заметил слабое кольцо **С** между **А** и **В**, а в 1888 г. Килер (Ликская обсерватория) нашел узкую щель во внешней зоне кольца **А**. В первой половине нашего века многие наблюдатели видели самое внутреннее кольцо **Д**. Окончательное подтверждение его существования было получено Ларсоном в 1979 г. Наконец, в 1966 г. Фейбельман обнаружил самое внешнее кольцо **Е**, а в 1979 г. Ван-Аллен – слабое “креповое” кольцо **Г**. Пролеты космических зондов подтвердили существование всей системы колец и дали огромную информацию о ее строении и эволюции. Было открыто новое узкое кольцо **Ф** шириной не более 800 км. Первые снимки его удивили астрономов: кольцо **Ф** выглядело как бы свитым из двух или трех шнуров. Щель между кольцами **А** и **Г** получила название деления Пионера.

Кольца Юпитера и Нептуна гораздо слабее (например, у Юпитера на 11 звездных величин), чем у Сатурна, и были обнаружены только на снимках, сделанных космическими зондами Вояджер-1 и -2. Существование колец Урана предполагал еще В. Гершель, окончательное же их открытие произошло 10 марта 1977 г. при покрытии Ураном звезды SAO 158687 из созвездия Весов. Вояджер-2 уточнил структуру системы колец Урана и обнаружил два новых. Интересно отметить резонансную связь с кольцами некоторых малых спутников, так называемых спутников-пастухов (терминология, предложенная Голдрэйхом и Трэмайном в 1979 г.), расположенных вблизи краев колец. Например, Прометей и Пандора – пастухи кольца **Ф**, Атлас – пастух внешнего края кольца **А** – в системе Сатурна; Корделия и Офелия – пастухи кольца ϵ – в системе Урана. Еще одну особенность влияния спутника на структуру кольца: выметание спутником, находящимся в пределах кольца, частиц и образование щели, –

кажется, можно наблюдать у последнего спутника Сатурна – Пана, расположенного внутри щели Энке.

Все спутники, открытые путем наземных наблюдений до 1975 г., неоднократно наблюдались; для них имеются ряды наблюдений и построены теории движения, с той или иной степенью точности этим наблюдениям удовлетворяющие. У спутников, обнаруженных космическими зондами, опубликованных наблюдений практически пока нет.

Таблица I содержит некоторые подробности открытия и получения имен для всех известных спутников больших планет, а также обеспеченность их наблюдениями и теориями движения. В этой таблице девять колонок: 1 – порядковый номер спутника в системе планеты, где они расположены, в порядке удаления от своей планеты; 2 – обозначение спутника по очередности открытия и 3 – название спутника; 4 и 5 – год и автор открытия и названия спутника; 6 – обеспеченность оптическими (или любыми другими) наблюдениями (здесь характеризуется обеспеченность наблюдениями следующим образом: наблюдений недостаточно для построения теории движения – нет, мало, есть, обеспечены (об.), хорошо обеспечены (хор. об.). Кроме того, в Таблице I приводятся средняя визуальная звездная величина (в оппозиции) и геометрическое альbedo каждого спутника (колонки 7 и 8). В примечаниях отмечены основные теории движения (начиная с конца XIX в.).

Основные физические и динамические характеристики спутников и колец приводятся в Таблице II. Из нее видно, что массы (и то не всегда достаточно точно) известны практически только для спутников, наблюдавшихся оптически с поверхности Земли, для остальных не достаточно данных, чтобы оценить их массу. Не всегда известно и альbedo спутников (см. Таблицу I). Поэтому довольно часто геометрические размеры спутников известны только предположительно, особенно это относится к малым. Первые шесть колонок Таблицы II больших пояснений не требуют: 1 – порядковый номер спутника в системе планеты в соответствии с таб-

лицей *i*; 2 – название спутника; 3 – его масса *m* в единицах 10^{20} кг (в скобках приводится та же масса в долях массы центральной планеты); 4 – размеры спутника (его радиус в км или, если возможно, радиусы по осям с началом в центре спутника); 5 – большая полуось орбиты спутника *a* в км (в скобках та же полуось в долях экваториального радиуса планеты); 6 – эксцентриситет орбиты спутника *e*. Далее следует колонка 7 – наклонность орбиты спутника к плоскости экватора планеты *i* или к плоскости орбиты планеты *i'* (две звездочки указывают, что соответствующий параметр меняется со временем). Колонка 8 содержит период обращения спутников по орбите *P* в сутках (минус означает обратное движение). В колонке 9 приводится период собственного вращения спутника *T* с

указанием характера вращения: с. – вращение синхронное, л. – наличие либрации.

Для полноты картины в Таблице III приведены характеристики больших планет. Десять колонок этой таблицы таковы: 1 – порядковый номер планеты в Солнечной системе; 2 – название планеты; 3 – ее масса в единицах массы Солнца (в скобках – та же масса в долях массы Земли); 4 – экваториальный радиус планеты в км; 5 – большая полуось ее орбиты в астрономических единицах; 6 – эксцентриситет орбиты; 7 – наклон орбиты к эклиптике в градусах; 8 – наклон экваториальной плоскости планеты к ее орбите в градусах; 9 – период собственного вращения планеты *T* в сутках; 10 – период обращения планеты по орбите вокруг Солнца *P* в сутках.

Таблица I

История открытий и названия спутников

№	Обозначение	Название	Год, автор открытия	Год, автор названия	Набл.	Зв. вел.	Альбедо	Примечан.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Марс								
1.	M1	Фобос	1877 г., А. Холл (США)	1878 г., А. Холл	об.	11,6	0,06	1
2.	M2	Деймос	"-	"-	"-	12,8	0,06	
Юпитер								
1.	JXVI	Метида (Метис)	1979 г., Синнотт, Джуйтт и др. (США) (Voyager)	1982 г., IAU	нет	17,5	0,05–0,1	
2.	JXV	Адрастея	"-	"-	"-	18,7	0,05	
3.	JV	Амальтея	1892 г., Барнард (США)	Фламарион, утв. IAU в 1976 г.	об.	13,0	0,06	2
4.	JXIV	Теба (Феба)	(1975 г., Ковал) 1979 г., Синнотт (Voyager)	1982 г., IAU	мало	21,0	0,05–0,1	
5.	II	Ио	1610 г., Г. Галилей (Италия)	1614 г., С. Мариус (Германия)	хор. об.	5,0	0,6	3
6.	III	Европа	"-	"-	"-	5,3	0,6	3
7.	III	Ганимед	"-	"-	"-	4,6	0,4	3
8.	JIV	Каллисто	"-	"-	"-	5,6	0,2	3
9.	JXIII	Леда	1974 г., Ковал (США)	1974 г., Ковал	мало	20,0	–	4
10.	JVI	Гималия	1904/5 гг., Перрин (США)	Й. Блунк (ФРГ), утв. IAU в 1976 г.	есть	14,8	0,03	5

Таблица (продолжение)

№	Обозна- чение	Название	Год, автор открытия	Год, автор названия	Набл.	Зв. вел.	Аль- bedo	При- мечан.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11.	JX	Лиситея (Лизифея)	1938 г., Никольсон (США)	"-	есть	18,4	0,03	6
12.	JVII	Элара	1904/5 гг., Перрин (США)	"-	есть	16,4	0,03	7
13.	JXII	Ананке	1951 г., Никольсон (США)	Й. Блунк, утв. IAU в 1976 г.	есть	18,9	—	8
14.	JXI	Карме	1938 г., Никольсон (США)	"-	есть	18,0	—	9
15.	JVIII	Пасифе	1908 г., Меллотт (Англия)	"-	есть	17,7	—	10
16.	JIX	Синопе	1914 г., Никольсон (США)	"-	есть	18,3	—	11
Сатурн								
1.	SXVIII	Пан	1991 г.(1985), Шолдер (Кацци)	1995 г., IAU	нет	—	0,4–0,6	
2.	SXV	Атлас (Атлант)	1980 г., Синнотт, Петерс и др. (США)	1983 г., IAU	нет	—	0,4	
3.	SXVI	Прометей	(Voyager)	"-	"-	—	0,6	
4.	SXVII	Пандора		"-	"-	—	0,6	
5.	SXI(S3)	Эпиметей		"-	"-	—	0,5	
6.	SX(S1)	Янус	1966 г., Дольфюс (Фр.), 1980 г., Voyager	1982 г., IAU	очень мало	14,0	0,5	12
7.	SI	Мимас	1789 г., В. Гер- шель (Англия)	1850 г., Дж. Гершель	хор. об.	12,9	0,77	13
8.	SII	Энцелад	"-	"-	"-	11,8	1,0	14
9.	SIII	Тетия (Тетис, Фе- тида)	1684 г., Ж.Ж. Кассини (Франция)	"-	"-	10,3	0,8	15
10.	SXIII	Телесто	1980 г., Voyager	1983 г., IAU	нет	—	0,6	
11.	SXIV	Каллипсо	"-	"-	"-	—	0,9	
12.	SIV	Диона	1684 г., Ж.Ж. Кассини (Франция)	1850 г., Дж. Гершель	хор. об.	10,4	0,55	16
13.	SXII	Елена	(1980, Лакешо) 1981, Voyager	1983 г., IAU	нет	17,0	0,6	
14.	SV	Рей	1672 г., Ж.Ж. Кассини	1850 г., Дж. Гершель	хор. об.	9,7	0,65	17
15.	SVI	Титан	1655 г., Х. Гюй- генс (Голл.)	"-	"-	8,4	0,2	17
16.	SVII	Гиперион	1848 г., Бонды Д. и У. (США)	1853 г., Лассел (Англия)	"-	14,2	0,25	18
17.	SVIII	Япет	1671 г., Ж.Ж. Кассини	1850 г., Дж. Гершель	"-	11,0	0,5/0,04	19
18.	SIX	Феба	1898 г., Пикеринг (США – Перу)	"-	об.	16,5	0,6	20

Таблица (окончание)

№	Обозна - чение	Название	Год, автор открытия	Год, автор названия	Набл.	Зв. вел.	Аль- бедо	При- мечан.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Уран								
1.	UVI	Корделия	1986 г., Девис и др. (США) Voyager-2	1988 г., IAU	нет	–	< 0,1	нет
2.	UVII	Офелия	–"	–"	–"	–	–"	
3.	UVII	Бианка	–"	–"	–"	–	–"	
4.	UIX	Крессиды	–"	–"	–"	–	–"	
5.	UX	Дездемона	–"	–"	–"	–	–"	
6.	UXI	Джульетта	–"	–"	–"	–	–"	
7.	UXII	Порция	–"	–"	–"	–	–"	
8.	UXIII	Розалинда	–"	–"	–"	–	–"	
9.	UXIV	Белинда	–"	–"	–"	–	–"	
10.	UXV	Пак	–"	–"	–"	–	0,07	
11.	UV	Миранда	1948 г., Койпер (США)	1948 г., Койпер	об.	16,5	0,34	21
12.	UIII	Ариэль	1851 г., Лассел (Англия)	1851 г., Лассел	–"	14,4	0,4	22
13.	UIV	Умбриэль	–"	–"	–"	15,3	0,19	22
14.	UI	Титания	1787 г., В. Гершель (Анг- лия)	–"	об.	14,0	0,28	23
15.	UII	Оберон	–"	–"	об.	14,2	0,24	23
16.	UXVI	Калибан	1997 г., Б. Глед- мен, Ф. Николсон, Д. Бернс, Д. Ка- веллар	1998 г., Ф. Ни- колсон		22,3		
17.	UXVII	Сикоракс	–"	–"		20,7		
Нептун								
1.	N6	Наяда	1989 г., Смит и др. (США), Voyager-2	1998 г., IAU	нет	–	0,060	нет
2.	N5	Таласса	–"	–"	–"	–	0,060	–"
3.	N3	Деспина	–"	–"	–"	–	0,060	–"
4.	N4	Галатея	–"	–"	–"	–	0,054	–"
5.	N2	Ларисса	–"	–"	–"	–	0,05	–"
6.	N1	Протеус	–"	–"	–"	–	0,060	–"
7.	N7	Тритон	1846 г., Лассел (Англ.)	1850 г., Лассел	об.	13,6	0,7–0,9	24
8.	N8	Нереида	1949 г., Койпер (США)	1949 г., Койпер	об.	18,7	0,14	25
Плутон								
1.	PI	Харон	1978 г., Кристи (США)	1978 г., Кристи	мало	~ 14	0,375	26

Примечания. Авторы основных теорий движения.

1. Струве Г. (1911), Косачевский (1959), Вашковьяк С. (1969), Синклер А. (1972), Шор (1979)
2. Струве Г. (1906), Верком (1950), Кирюшенков (1969), Аразов (1972), Садбери (1969)
3. (с Лапласа) Семпсон (1921), Марсден (1966), Лиске, Санье (1975), Феррас-Мелло (1966, 1975) и др.
4. Акснес (1978)
5. Бобоне (1937), Малхолланд (1965), Быкова (1973)
6. Лемехова (1961), Бордовицына и др. (1970)

7. Бобоне (1937), Токмалаева (1956), Бордовицына и др. (1972)
8. Херрик (1952), Хергет (1968)
9. Хергет (1968)
10. Труссе (1916), Проскурин и Куликов (1950), Ковалевски (1959), Орлов А.А. (1980)
11. Херрик (1952), Хергет (1968)
12. Абетти (1968)
13. Баклунд (1898), Струве Г. (1888), Струве (1933), Дубошин Г. (1960), Козаи (1961), Гарсиа (1972), Чу-гунов (1981)
14. Баклунд (1898), Струве Г. (1888), Струве Г. (1933), Дубошин Г. (1960), Козаи (1961), Джеффрис и Рис (1975), Чугунов (1981)
15. Баклунд (1898), Струве Г. (1888), Струве Г. (1933), Дубошин Г. (1960), Козаи (1961), Чугунов (1981)
16. Баклунд (1898), Струве Г. (1933), Дубошин Г. (1960), Козаи (1961), Чугунов (1981)
17. Баклунд (1898), Струве Г. (1933), Дубошин Г. (1960), Козаи (1961), Гарсиа (1972), Чугунов (1981)
18. Вольтер (1928)
19. Струве Г. (1933), Задунайский (1954), Гребеников (1954), Синклер (1974)
20. Струве Г. (1933), Задунайский (1954), Бек-Берсенбергер (1982), Бороненко (1986)
21. Гринберг и Уиттекер (1976)
22. Ньюкомб (1875), Струве Г. (1913), Данкомб и др. (1973)
23. Харрис (1949), Денхем (1971), Гринберг (1976)
24. Струве Г. (1905), Эйхельбергер, Ньютон (1926), Джилл, Голт (1968), Харрис (1983)
25. ван Бисбрук (1957), Роуз (1974), Акснес (1974), Минард (1975)
26. Харрингтон (1978)

Таблица II

Физические и динамические характеристики спутников

№	Название	Масса $m \cdot 10^{20}$ кг	Размеры радиус км	10^3 км (г)	ϵ	i град.	P сут.	T (с., л.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Марс								
1.	Фобос	$1,26 \cdot 10^{-4} (1,96 \cdot 10^{-8})$	$14 \times 11 \times 10$	9,378(2,76)	0,0150	1,02	0,319	0,3189
2.	Деймос	$1,8 \cdot 10^{-5} (2,8 \cdot 10^{-9})$	$8 \times 6 \times 6$	23,459(6,91)	0,00052	1,82	1,263 (с.)	1,263 (с., л.)
Юпитер								
1.	Метис	$\sim (3 \cdot 10^{-11})$	$? \times 20 \times 20$	127,96(1,79)	$\sim 0,004$	0	0,295	—
2.	Адрастея	$\sim (3 \cdot 10^{-11})$	$12 \times 10 \times 8$	128,98(1,81)	~ 0	~ 0	0,298	—
3.	Амальтея	$\sim (10^{-8})$	$135 \times 82 \times 75$	181,30(2,54)	0,0030	0,450	0,498	0,498 (с.)
4.	Теба	$\sim (3 \cdot 10^{-10})$	$? \times 55 \times 45$	221,90(3,11)	0,0150	0,900	0,674	—
5.	Ио	$889,4 (\sim 4,9 \cdot 10^{-5})$	1815	421,60(5,905)	0,0041	0,040	1,769	1,769 (с.)
6.	Европа	$479,0 (\sim 2,57 \cdot 10^{-5})$	1569	670,90(9,40)	0,0101	0,470	3,551	3,551 (с.)
7.	Ганимед	$1482,3 (\sim 7,84 \cdot 10^{-5})$	2631	1070,0(14,99)	0,0006	0,195	7,155 (с.)	7,155
8.	Каллисто	$1076,6 (\sim 5,6 \cdot 10^{-5})$	2400	1883(26,4)	0,007	0,281	16,689	16,689
9.	Леда	$\sim (5 \cdot 10^{-13})$	~ 8	11094(156)	0,148	26,1	238,72	—
10.	Гималия	$\sim (3 \cdot 10^{-9})$	~ 90	11480(161)	0,158	27,6	250,57	0,4
11.	Лизифея	$\sim (4 \cdot 10^{-12})$	~ 20	11720(164)	0,107	29,0	259,22	0,5
12.	Элара	$\sim (3 \cdot 10^{-10})$	~ 40	11737(165)	0,207	24,8	259,22	0,5
13.	Ананке	$\sim (4 \cdot 10^{-12})$	~ 15	21200(297)	0,169	147	-631	0,5
14.	Карме	$\sim (10^{-11})$	~ 22	22600(317)	0,207	163	-692	0,5
15.	Пасифе	$\sim (3 \cdot 10^{-11})$	~ 35	23500(329)	0,378	148	-735	0,5
16.	Синопе	$\sim (10^{-11})$	~ 20	23700(331)	0,275	153	-758	0,5

Таблица II (продолжение)

R e e PO Pс

№	Название	Масса $m \cdot 10^{20}$ кг	Размеры радиус км	10^3 a км (r)	e	i град.	P сут.	T (с., л)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кольца								
	Гало	—	$> 10^4$	— (1,4–1,71)	~ 0	~ 10		
	Главное	—	< 30	— (1,71–1,81)	$< 0,003$	~ 0		
	Паутин- ное	—	—	— (1,81–3,0)	~ 0	~ 0		
Сатурн								
1.	Пан	—	~ 10	133,58(2,226)	—	—	—	—
2.	Атлас	—	$19 \times 9 \times 14$	137,64(2,276)	0,0020	0,3	0,6019	—
3.	Проме- тей	—	$70 \times 50 \times 37$	139,35(2,310)	0,0024	0,1	0,6130	—
4.	Пандора	—	$55 \times 43 \times 33$	141,7(2,349)	0,0042	~ 0	0,6285	—
5.	Эпиметей	—	$70 \times 58 \times 50$	151,422(2,510)	0,0090	0,34	0,6943	(с.)
6.	Янус	—	$110 \times 95 \times 80$	151,472(2,511)	0,0070	0,14	0,6947	(с.)
7.	Мимас	$0,455(65 \cdot 10^{-9})$	197	185,54(3,075)	0,0201	1,53	0,9420	(с.)
8.	Энцелад	$0,74(148 \cdot 10^{-9})$	251	238,04(3,946)	0,0044	0,02	1,3702	(с.)
9.	Тетис	$7,55(109 \cdot 10^{-8})$	524	294,67(4,884)	~ 0	1,86	1,8878	(с.)
10.	Телесто	—	$? \times 12 \times 11$	294,67(4,884)	~ 0	~ 0	1,8878	—
11.	Каллипсо	—	$15 \times 13 \times 8$	294,67(4,884)	~ 0	~ 0	1,8878	—
12.	Диона	$10,52(204 \cdot 10^{-8})$	559	377,42(6,256)	0,0022	0,02	2,7370	(с.)
13.	Елена	—	$18 \times ? \times 15$	378,06(6,267)	0,0050	0,20	2,7391	—
14.	Рея	$24,9(44 \cdot 10^{-7})$	765	527,04(8,74)	0,001	0,35	4,5180	(с.)
15.	Титан	$1345,7(24 \cdot 10^{-5})$	2575	1221,86(20,253)	0,029	0,33	15,945	(с.)
16.	Гиперион	—	$175 \times 120 \times 100$	1481,1(24,55)	0,104	0,43**	21,2767	хаот.
17.	Япет	$18,8(34 \cdot 10^{-7})$	718	3561,3(59,02)	0,028	14,7** (7,52)	79,331	(с.)
18.	Феба	—	$115 \times 110 \times 105$	12954,0(214,7)	0,163	150,0** (175,3)	–550,45	0,5
Кольца								
	общ.	$— (2 \cdot 10^{-6})$	~ 20	—	—	—	—	—
	D			— (1,11–1,204)				
	C			— (1,204–1,514)				
	B			— (1,514–1,934)				
	A			— (2,065–2,276)				
	F			— (2,324)				
	G			— (2,82)				
	E			— (3–8)				
Уран								
1.	Корделия	$5 \cdot 10^{-4}(0,6 \cdot 10^{-9})$	~ 20	49,771(1,906)	$\sim 0,00$	$\sim 0,14$	0,335	0,336
2.	Офелия	$9 \cdot 10^{-4}(1,1 \cdot 10^{-9})$	~ 25	53,796(2,060)	$\sim 0,01$	$\sim 0,09$	0,376	0,378
3.	Бианка	—	~ 25	59,160(2,170)	$\sim 0,00$	$\sim 0,16$	0,435	0,436
4.	Крессида	—	~ 30	61,776(2,30)	$\sim 0,00$	$\sim 0,04$	0,464	0,466
5.	Дездемо- на	—	~ 30	62,675(2,400)	$\sim 0,00$	$\sim 0,16$	0,474	0,476
6.	Джкуль- етта	—	~ 40	64,350(2,480)	$\sim 0,00$	$\sim 0,06$	0,493	0,495
7.	Порция	—	~ 40	66,090(2,530)	$\sim 0,00$	$\sim 0,09$	0,513	0,515
8.	Розалин- да	—	~ 30	69,942(2,680)	$\sim 0,00$	$\sim 0,28$	0,558	0,561
9.	Белинда	—	~ 30	75,256(2,880)	$\sim 0,00$	$\sim 0,03$	0,624	0,626

Таблица II (продолжение)

№	Название	Масса $m \cdot 10^{20}$ кг	Размеры радиус км	10^3 ^а км (г)	^с	^і град.	^р сут.	^т (с., л)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.	Пак	—	80 × 85	86,006(3,300)	~0,00	~0,31	0,762	0,765
11.	Миранда	0,75(9 · 10 ⁻⁷)	243×237×235	129,80(5,13)	0,0027	4,22	1,4135	—
12.	Ариэль	13,50(1,6 · 10 ⁻⁵)	578,0	190,90(7,31)	0,0034	0,31	2,5200	—
13.	Умбриэль	12,70(1,5 · 10 ⁻⁵)	587,4	266,31(10,19)	0,0050	0,36	4,1440	—
14.	Титания	34,80(4 · 10 ⁻⁵)	789,6	436,30(16,72)	0,0022	0,14	8,7060	(с.)
15.	Оберон	29,20(3,3 · 10 ⁻⁵)	757,5	582,40(22,31)	0,0008	0,10	13,463	(с.)
16.	Калибан	—	40	7200(275,7)	0,082	139,7	-579	—
17.	Сикоракс	—	80	12200(467,2)	0,509	152,7	-1289	—
Кольца								
	Кольцо 2	—	1	38,3(1,468)	—	—	—	—
	Кольце - вая дуга 3	—	2	38,4(1,471)	—	—	—	—
	Кольце - вая дуга 2	—	4	41,5(1,590)	—	—	—	—
	Кольце - вая дуга 1	—	2	41,8(1,602)	—	—	—	—
	Кольцо 6	—	1–3	41,83–41,88 (1,603–1,605)	0,0010	0,063	—	—
	Кольцо 5	—	2	42,24–42,32 (1,618–1,62)	0,0019	0,052	—	—
	Кольцо 4	—	2	42,60–42,61 (1,632)	0,0011	0,032	—	—
	Кольцо α	4,2 · 10 ⁻⁷ (6 · 10 ⁻¹³)	7–11	44,75–44,76 (1,714–1,715)	0,0008	0,014	—	—
	Кольцо β	3,8 · 10 ⁻⁷ (3 · 10 ⁻¹³)	8–1	45,66–45,69 (1,749–1,750)	0,0004	0,005	—	—
	Кольцо η	—	2	47,180(1,808)	0	0,002	—	—
	Кольцо γ	—	1–3	47,625(1,825)	0	0,011	—	—
	Кольцо δ	1,6 · 10 ⁻⁶ (2 · 10 ⁻¹²)	7–9	48,302(1,851)	0	0,004	—	—
	1986RU1	—	1–2	50,031(1,917)	0	0,0	—	—
	Кольцо 1	—	1,6	50,66–50,67 (1,941)	0	0,0	—	—
	Кольцо ε	6,1 · 10 ⁻⁵ (9 · 10 ⁻¹¹)	22	50,750(1,944)	0,0079	0,001	—	—
			30	50,870(1,949)	—	—	—	—
			41	50,990(1,954)	—	—	—	—
			93	51,540(1,975)	—	—	—	—
	1986RU2	—	—	—	—	—	—	—
Нептун								
1.	Наяда	—	27	48,0(1,9433)	—	4,5	0,2958	—
2.	Таласса	—	40	50,0(2,024)	—	< 1	0,3125	—
3.	Деспина	—	90	52,5(2,126)	—	"-	0,3333	—
4.	Галатея	—	75	62,0(2,510)	—	"-	0,4292	—
5.	Ларисса	—	95	73,6(2,980)	—	"-	0,5542	—
6.	Протеус	—	200	117,6(4,761)	—	"-	1,1208	—
7.	Тритон	927±427((9,058 ± ± 4,174) · 10 ⁻⁴)	1350	354,612(14,06)	0,0004	157,685	5,9	(с.)
8.	Нереида	0,15(?)((1,15 · 10 ⁻⁷) (?))	170 ± 25	5511,233 (218,48)	0,7509	6,748 (22,6 [*])	360.128	0,5

Таблица II (окончание)

№	Название	Масса $m \cdot 10^{20}$ кг	Размеры радиус км	10^3 км (г)	ϵ	i град.	P сут.	T (с., л)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1989N3R	—	1700	41,9(1,69)	—	—	—	—
	1989N2R	—	100	53,2(2,15)	—	—	—	—
	1989N4R	—	5800	53,2(2,15)	—	—	—	—
	1989N5R	—	5800	59,0	—	—	—	—
	1989N1R	—	15–50	62,9(2,54)	—	—	—	—
Плутон								
1.	Харон	18(0,1526?)	596	19,64(17,2)	0,00009 $\pm 0,00038$	98,3 $\pm$ 1,3	6,38723	(два- жды с.)
Земля								
1.	Луна	(1,23 $\cdot 10^{-2}$)	1738	384,4	0,0549	5,14	27,32	

Таблица III

Характеристики больших планет

№	Название	Масса в долях массы Солнца (Земли) m_0	Экв. радиус R_0 , км	Больш. п/ось a_0 , а.е.	Эксц. e	Накл. орб. к экл., град.	Накл. экв. пл. к орб., град.	T , сут.	P , сут.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Меркурий	1/6023600(0,055)	2440	0,387	0,206	7,005	3,07	58,6	87,97
2.	Венера	1/408523,5(0,815)	6051,5	0,723	0,007	3,395	177,3	243,0	226,5
3.	Земля + + Луна	1/332946(1,0) 1/328900,5	6378	1	0,017	0	23,45	1 (23 ^h ,9)	365,3
4.	Марс	1/3098710 (0,11)	3394	1,524	0,093	1,85	25,19	1,2930	686,7
5.	Юпитер	1/1047,351 (317,89)	71398	5,203	0,048	1,303	3,12	0,4142	4332
6.	Сатурн	1/3498,1 (95,168)	60000	9,539	0,056	2,489	26,73	0,4268	10761
7.	Уран	1/22900,1 (14,54)	26200	19,182	0,047	0,773	97,86	1,0042	30686
8.	Нептун	1/19436,5 (17,23)	25225	30,058	0,009	1,77	(29,56)	0,7531	60195
9.	Плутон + + Харон	6,85 $\cdot 10^9$ (0,0023)	1142	39,439	0,250	17,13	118,5	6,387	90475

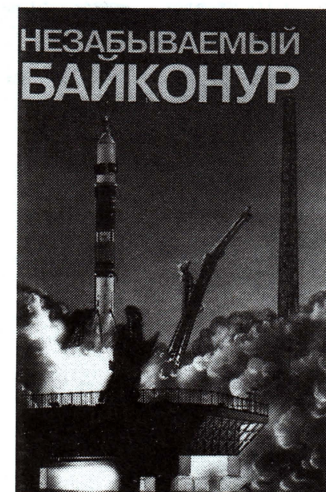
В.М. ЧЕПУРОВА (ГАИШ МГУ),
С.Л. СЕМЕНОВА (МГУ)
кандидаты физико-математических наук

История Байконура: новые факты

Много “белых пятен” осталось еще в истории космонавтики. До сих пор не написана хроника создания и развития легендарного космодрома Байконур. Отдельные штрихи и эпизоды из истории космодрома были опубликованы в 1991-95 гг. в нескольких книгах. В их основу положены документы и воспоминания ветеранов ракетно-космической техники. В сборник (“Незабываемый Байконур”, под редакцией К.В. Герчика, М., Профиздат, 1998 г.) включены новые документальные материалы и свидетельства. Книга подготовлена межрегиональным Советом ветеранов космодрома Байконур при поддержке РКА, Космического центра им. М.В. Хруничева, РКК “Энергия” им. С.П. Королева и других фирм.

Сборник состоит из 7 разделов. В первый раздел “Триумф и потря-

сения” помещены короткие рассказы об испытателях, офицерах и генералах, испытаниях ракетной техники, основных отечественных приоритетах в космонавтике, о совете ветеранов космодрома. В разделе читатель найдет также биографические справки и воспоминания о маршале артиллерии М.И. Неделе. Второй раздел включает хро-



нику событий на космодроме Бай-

конур с 1957 по 1961 гг. Ее автор – начальник отдела телеизмерений Командно-измерительного комплекса В.В. Порошков. Здесь же помещены его стихи.

Третий раздел “С.П. Королев и его соратники” содержит воспоминания о главных конструкторах С.П. Королеве, В.П. Глушко, С.А. Косбергe, Н.А. Пилюгине, В.И. Кузнецове и др. Раздел “Стройка века” повествует о строительстве космодрома. Пятый раздел “Космические старты” посвящен незабываемым космическим стартам, имевшим этапное значение. В следующем – “На службе Байконуру”, рассказано о А.А. Шумилине – начальнике космодрома с 1992 по 1997 гг. В заключительный раздел включена история развития ГКНПЦ им. М.В. Хруничева и современные космические программы этого космического центра.

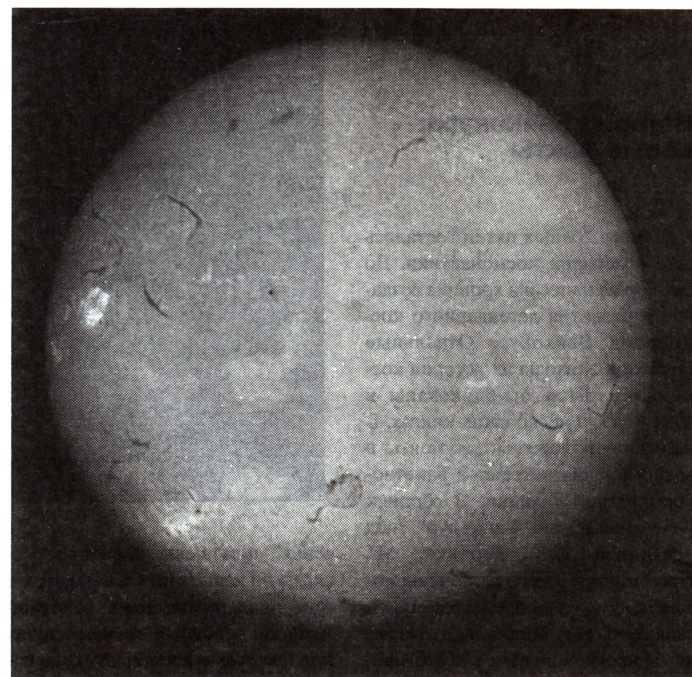
Книга издана при поддержке Российского космического агентства. Она адресована читателям, интересующимся развитием отечественной космонавтики и ракетной техники, а также специалистам и историкам освоения космо-

Солнце в декабре 1998 г. – январе 1999 г.

На протяжении 1998 г. солнечная активность продолжала нарастать. Среднемесячное значение числа Вольфа W возросло от 40 в начале года до 95 в сентябре. Быстрый рост числа пятен сменился временным спадом в октябре-ноябре, когда W вновь упало до уровня марта (50-60). Однако в конце 1998 г. – начале 1999 г. пятен на Солнце вновь стало много.

По данным Н.К. Переяславой (ИПГ Роскомгидромета), представленным на VII симпозиуме по солнечно-земной физике (г. Троицк, декабрь 1998 г.), общее количество пятен в растущем цикле уменьшилось, но возросло относительное число мощных протонных всплесков. Согласно многим оценкам и прогнозам, **первые месяцы 1999 г. можно будет считать началом максимальной фазы 23-го цикла солнечной активности.**

Декабрьский всплеск активности отмечен с первых чисел месяца, когда в северном полушарии наблюдался своеобразный пояс из активных областей, расположившихся цепочкой вдоль параллели. В отдельные дни на диске было 10-11 групп пятен. 3 декабря число Вольфа увеличилось до 130. По-



добная ситуация в ходе текущего цикла была достигнута впервые.

Активные области располагались на поверхности Солнца неравномерно. Когда цепочка пятен ушла на западный край лимба, уровень активности снизился, но снова вырос в конце декабря. Так, 29 декабря на диске отмечена группа пятен, насчитывавшая около сотни отдельных ядер, пор и мелких пятен!

Январь 1999 г. характеризуется в целом относительно невысокой и умеренной активностью. В сере-

Хромосфера Солнца в линии H_{α} 15 января 1999 г. В левой (восточной) части снимка видна вспышка. Снимок Т.В. Говориной, Байкальская астрофизическая обсерватория ИСФЗ РАН

дине месяца наблюдалось 3-4 группы пятен, включая достаточно сложные.

*С.А. ЯЗЕВ,
кандидат физико-математических наук*

Заведующая редакцией Г.В. Матросова. **Зав. отделом наук о Земле** В.А. Маркин.
Зав. отделом астрономии В.А. Юревич. **Зав. отделом космонавтики** С.А. Герасютин.

Художественные редакторы М.С. Вьюшина, О.Н. Никитина.

Литературные редакторы Е.А. Никитина, Е.Ю. Морейно.

Мл. редактор Л.В. Рябцева.

Корректоры: В.А. Ермолаева, Л.М. Федорова

Номер оформили: Р.В. Ермакова, Е.Е. Барк, Ю.А. Тюришев

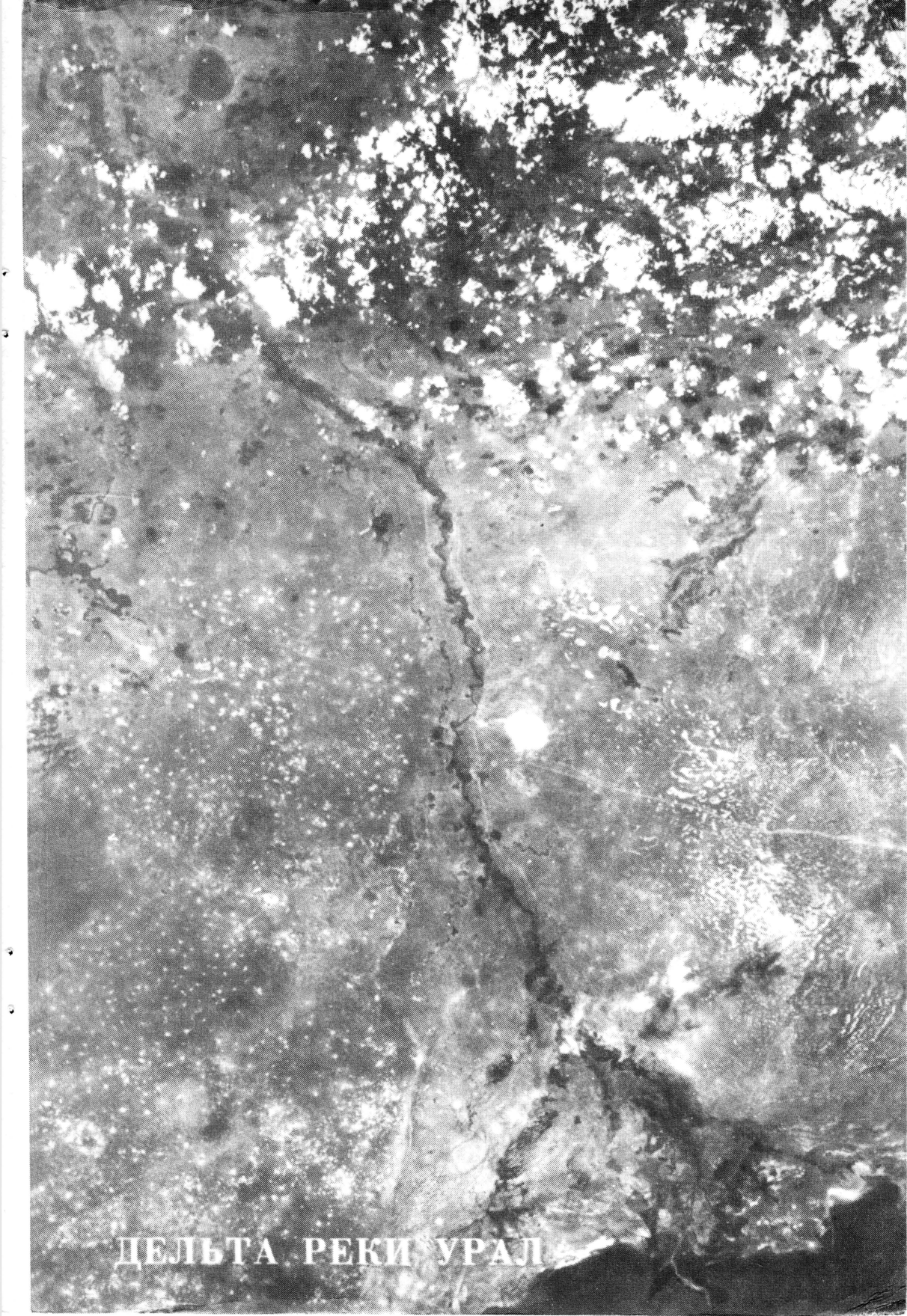
Обложку оформила М.С. Вьюшина

Сдано в набор 10.03.99 Подписано в печать 26.04.99 Формат бумаги 70 × 100 1/16
Офсетная печать Уч. изд. л. 10,4 Усл.-печ. л. 7,8 Усл. кр.-отг. 9,1 тыс. Бум. л. 3,0
Тираж 1498 экз. Заказ № 2434

Адрес редакции: 117810 Москва, Мароновский пер., д. 26

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Отпечатано в типографии "Наука", 121099 Москва, Шубинский пер., д. 6



ДЕЛЪТА РЕКИ УРАЛ

Мок 7-20



"Наука"
Индекс 70336